COMO O CÉREBRO CRIA

O PODER DA CRIATIVIDADE HUMANA PARA TRANSFORMAR O MUNDO

DAVID EAGLEMAN
ANTHONY BRANDT

LIVRO QUE DEU ORIGEM AO DOCUMENTÁRIO DISPONÍVEL NA **NETFLIX**

intrínseca

COMO O CÉREBRO CRIA

O PODER DA CRIATIVIDADE HUMANA
PARA TRANSFORMAR O MUNDO

DAVID EAGLEMAN
ANTHONY BRANDT

Tradução de Donaldson M. Garschagen e Renata Guerra

intrínseca

Copyright © 2017, David Eagleman & Anthony Brandt
Tradução do poema “dim” por Rodrigo Lobo Damasceno, publicada originalmente na revista dEsEnrEdoS.

TÍTULO ORIGINAL
The Runaway Species: How Human Creativity Remakes the World

PREPARAÇÃO
Luisa Suassuna

REVISÃO
Mariana Bard
Eduardo Carneiro

DESIGN DE CAPA
Peter Adlington

ILUSTRAÇÃO
Merijn Hos

ADAPTAÇÃO DE CAPA
Márcia Quintella

REVISÃO DE E-BOOK
Camila Sardenberg

GERAÇÃO DE E-BOOK
Joana De Conti

E-ISBN
978-85-510-0649-8

Edição digital: 2020

1ª edição

Todos os direitos desta edição reservados à
Editora Intrínseca Ltda.
Rua Marquês de São Vicente, 99, 3º andar
22451-041 – Gávea
Rio de Janeiro – RJ
Tel./Fax: (21) 3206-7400
www.intrinseca.com.br

intrinseca.com.br

A nossos pais, que nos deram uma vida de criatividade,
Nat e Yanna | Cirel e Arthur
a nossas esposas, que enchem nossa vida de novidades,
Karol | Sarah
e a nossos filhos, cuja imaginação evoca o futuro,
Sonya, Gabe e Lucian | Ari e Aviva

Sumário

[Avançar para o início do texto]

Folha de rosto
Créditos
Mídias sociais
Dedicatória

Introdução: O que a NASA e Picasso têm em comum?

Parte I: Novo sob o sol
- 1. Inovar é humano
- 2. O cérebro modifica o que conhece
- 3. Entortar
- 4. Quebrar
- 5. Mesclar
- 6. A vida na colmeia

Parte II: A mentalidade criativa
- 7. Não cole as peças
- 8. Multiplique as opções
- 9. Explore diferentes distâncias
- 10. Tolere riscos

Parte III: Cultivar a criatividade
- 11. A empresa criativa
- 12. A escola criativa

13. Daqui para o futuro

Agradecimentos
Créditos das imagens
Notas
Bibliografia
Sobre os autores
Leia também

INTRODUÇÃO

O QUE A NASA E PICASSO TÊM EM COMUM?

Centenas de pessoas se atropelam numa sala de controle em Houston, Texas, tentando salvar três seres humanos enclausurados no espaço. O ano é 1970, e a Apollo 13, dois dias depois do lançamento, está a caminho da Lua quando seu tanque de oxigênio explode, cuspindo destroços no espaço e deixando a nave avariada. O astronauta Jack Swigert, com a fleuma própria de um militar, estabelece contato por rádio com o Controle da Missão: "Houston, temos um problema."

Os astronautas estão a mais de trezentas mil milhas da Terra. Combustível, água e eletricidade estão no fim. A esperança de solução é quase nula. Mas nada disso detém o diretor de voo Gene Kranz, que está no Controle da Missão da NASA, anunciando à sua equipe ali reunida:

> Quando vocês saírem desta sala, precisam acreditar que *essa tripulação vai voltar para casa*. Não dou a mínima para as probabilidades, não dou a mínima para o fato de nunca termos feito nada parecido [...] Vocês têm de acreditar, seu pessoal tem de acreditar que essa tripulação vai voltar para casa.[1]

Como o Controle da Missão poderia honrar esse compromisso? Os engenheiros tinham ensaiado a missão minuto a minuto: quando entrar na órbita da Lua, quando acionar o módulo lunar, quanto tempo os astronautas caminhariam sobre a superfície do satélite. Agora têm de abandonar o roteiro e recomeçar do zero. O Controle da Missão também tinha previsto cenários de abortamento, mas todos eles partiam do princípio de que as partes principais da nave estariam funcionando e o módulo lunar poderia ser descartado.[2] Infelizmente, agora estão lidando com o oposto. O módulo de serviço está destruído e o módulo de comando está expelindo gás e perdendo energia. A única parte da nave que ainda funciona é o módulo lunar. A NASA tinha simulado vários acidentes possíveis, mas não esse.

Os engenheiros sabiam que estavam diante de uma tarefa quase impossível: salvar três homens trancafiados numa cápsula de metal hermética que se deslocava pelo espaço a cinco mil quilômetros por hora, cujos sistemas de suporte à vida falhavam. Avançados sistemas de comunicação por satélite e computadores de mesa só surgiriam décadas mais tarde. Com réguas de cálculo e lápis, os engenheiros precisam inventar um jeito de abandonar o módulo de comando e transformar o módulo lunar num bote salva-vidas para a viagem de volta.

Os problemas são abordados um por um: planejar uma rota de regresso à Terra, alterar o curso da nave, conservar energia. Mas as condições estão se agravando. Após um dia e meio de crise, o dióxido de carbono chega a níveis perigosos no alojamento apertado dos astronautas. Se nada for feito, a tripulação sufocará em poucas horas. O módulo lunar tem um sistema de filtragem, mas todos os purificadores de ar cilíndricos estão esgotados. A única possibilidade que resta é aproveitar os recipientes inutilizados do módulo de comando abandonado — mas eles são quadrados. Como encaixar um purificador quadrado num buraco redondo?

A partir de um levantamento do que está a bordo, os engenheiros do Controle da Missão projetam um adaptador improvisado usando um saco plástico, um pé de meia, pedaços de papelão e a mangueira retirada de um traje pressurizado, tudo preso com fita adesiva. Eles instruem a tripulação a arrancar a capa de plástico da pasta que continha o plano de voo e a usá-la como um funil a fim de dirigir o ar para o purificador. Dizem para os astronautas pegarem as roupas térmicas, embaladas em plástico, que originalmente seriam usadas sob o traje espacial enquanto saltassem pela Lua. Seguindo as instruções recebidas da base, os astronautas descartam as roupas térmicas e aproveitam o plástico. Pouco a pouco, montam o filtro improvisado e o instalam.

Para alívio geral, o nível de dióxido de carbono volta ao normal. Mas logo surgem outros problemas. À medida que a Apollo 13 se aproxima da reentrada na atmosfera, a energia escasseia no módulo de comando. Quando a nave foi projetada, não passou pela cabeça de ninguém que as baterias do módulo de comando teriam que ser carregadas a partir do módulo lunar — deveria ser o contrário. Movidos por café e adrenalina, os engenheiros do Controle da Missão imaginam um jeito de usar o cabo do aquecedor do módulo lunar para cumprir esse papel, bem a tempo da fase de reentrada.

Uma vez que as baterias estão recarregadas, os engenheiros falam para o tripulante Jack Swigert ligar o módulo de comando. Dentro da nave, Swigert conecta cabos, liga inversores, manipula antenas, aciona interruptores, ativa a telemetria — um procedimento de ativação muito além de qualquer coisa para a qual foi treinado ou que tenha imaginado. Diante de um problema, os engenheiros improvisam um protocolo totalmente novo.

Nas horas antes do amanhecer de 17 de abril de 1970 — depois de oitenta horas de crise —, os astronautas se preparam para a descida final. O Controle da Missão faz a última checagem. Quando os astronautas entram na atmosfera da Terra, o rádio da nave silencia. Nas palavras de Kranz:

> Agora não tinha mais volta [...] A sala de controle estava em silêncio absoluto. Os únicos sons eram o zumbido dos aparelhos eletrônicos e do ar-condicionado, além do eventual clique de um isqueiro [...] Ninguém se mexia, como se todos estivessem acorrentados a seus painéis.

Um minuto e meio depois, chega a notícia à sala de controle: a Apollo 13 está a salvo.

O grupo irrompe em vivas. O normalmente estoico Kranz se desmancha em lágrimas.

***

Sessenta e três anos antes, num pequeno estúdio em Paris, um jovem pintor chamado Pablo Picasso prepara seu cavalete. Normalmente sem um centavo, ele tinha aproveitado uma bonança financeira para comprar uma tela grande. Pôs-se a trabalhar num projeto provocante: o retrato de prostitutas num bordel. Um olhar sem disfarces para a depravação.

Picasso começa com esboços a carvão de cabeças, corpos, frutas. Nessas primeiras versões, um marinheiro e um estudante de medicina fazem parte da cena. Ele decide eliminar os homens, fixando-se nas cinco mulheres. Tenta diferentes posições e arranjos, mas risca a maior parte deles. Depois de centenas de esboços, põe-se a trabalhar na tela inteira.

Em certo ponto, convida sua amante e vários amigos para verem a obra em progresso — a reação deles o desaponta tanto que ele deixa a pintura de lado. No entanto, meses depois volta ao trabalho, em segredo.

Picasso considera o retrato das prostitutas um "exorcismo" de sua antiga maneira de pintar: quanto mais tempo dedica a ele, mais se distancia de suas obras anteriores. Convida algumas pessoas para o verem de novo, mas a reação é ainda mais hostil. Ele se oferece para vendê-lo a seu patrono mais leal, que ri da ideia.[3] Os amigos do pintor o evitam, temendo que tenha enlouquecido. Desanimado, Picasso enrola a tela e guarda-a no armário.

Espera nove anos até mostrá-la em público. Em plena Primeira Guerra Mundial, a pintura é finalmente exibida. O curador — preocupado em não ofender o público — muda o nome da obra de *Le Bordel d'Avignon* [O bordel de Avignon] para o mais palatável *Les Demoiselles d'Avignon* [As senhoritas de Avignon]. O quadro tem uma recepção mista: um comentarista brinca com sarcasmo que "os cubistas não estão esperando a guerra acabar para retomar as hostilidades contra o bom senso".[4]

Mas o prestígio da pintura aumenta. Poucas décadas depois, quando *Les Demoiselles* é exibida no Museu de Arte Moderna de Nova York, o crítico do jornal *The New York Times* escreve:

> Poucas telas tiveram o impacto momentoso dessa composição de cinco figuras nuas distorcidas. Com uma pincelada, ela desafiou a arte do passado e mudou irreversivelmente a arte de nosso tempo.[5]

Mais tarde, o historiador da arte John Richardson escreve que *Les Demoiselles* era a pintura mais original dos últimos setecentos anos. A pintura, diz ele,

> possibilitou que as pessoas percebessem as coisas com novos olhos, nova mentalidade e consciência [...] É a primeira obra-prima inequivocamente do século XX, principal detonadora do movimento moderno, a pedra angular da arte do século XX.[6]

O que tornava a tela de Pablo Picasso tão original? Ele se desviou do objetivo que os pintores europeus tinham esposado durante centenas de anos: a intenção de ser fiel à realidade. Nas mãos de Picasso, os membros aparecem torcidos, duas das mulheres têm rostos que se assemelham a máscaras, e as cinco figuras parecem ter sido pintadas em cinco estilos diferentes. Aqui, pessoas comuns já não parecem inteiramente humanas. A pintura de Picasso subverteu as noções ocidentais de beleza, decoro e verossimilhança, tudo ao mesmo tempo. *Les Demoiselles* passou a representar um dos mais violentos golpes desfechados contra a tradição artística.

Controle da Missão da NASA e as prostitutas de Picasso

O que essas duas histórias têm em comum? À primeira vista, nada. O resgate da Apollo 13 foi um esforço conjunto. Picasso trabalhava sozinho. Os engenheiros da NASA corriam contra o tempo. Picasso levou meses para pôr suas ideias na tela, e quase uma década para mostrar sua arte. Os engenheiros não queriam demonstrar originalidade, seu objetivo era uma solução eficaz. "Eficácia" nem passou pela mente de Picasso — seu objetivo era produzir algo sem precedentes.

Mesmo assim, as rotinas cognitivas subjacentes aos atos criativos da NASA e de Picasso são idênticas. E isso não vale apenas para engenheiros e artistas, mas para qualquer cabeleireiro, contador, arquiteto, agricultor,

lepidopterólogo ou qualquer outro ser humano que crie alguma coisa nunca antes vista. Quando eles rompem o molde do padrão para criar uma novidade, é em decorrência de um software básico que está rodando no cérebro. O cérebro humano não registra de modo passivo as experiências como se fosse um gravador, mas trabalha permanentemente sobre os dados sensoriais que recebe — e o fruto desse trabalho mental são novas versões do mundo. O software cognitivo básico do cérebro — que interioriza o ambiente e produz novas versões — dá origem a tudo o que nos rodeia: iluminação pública, nações, sinfonias, leis, sonetos, braços protéticos, celulares, ventiladores de teto, arranha-céus, barcos, pipas, laptops, embalagens de ketchup, carros autônomos. E esse software mental dá origem ao amanhã, sob a forma de concreto autorreparador, arquitetura cinética, violinos de fibra de carbono, carros biodegradáveis, nanoespaçonaves e o remodelamento crônico do futuro. Mas, como enormes programas de computador rodando em silêncio nos circuitos de nossos laptops, a inventividade normalmente roda em segundo plano, fora da consciência imediata.

Há algo de especial nos algoritmos que rodamos dentro de nossa cabeça. Somos membros de uma vasta árvore familiar de espécies animais. Mas por que as vacas não criam coreografias? Por que os esquilos não projetam elevadores para subir em árvores? Por que os jacarés não inventam lanchas? Um ajuste evolutivo nos algoritmos que rodam no cérebro humano nos permitiu absorver o mundo e criar versões alternativas dele.

Este livro trata de nosso software criativo: como funciona, por que o temos, o que fazemos com ele e para onde ele está nos levando. Mostraremos que o desejo de quebrar nossas expectativas leva à inventividade irreprimível de nossa espécie. Olhando para a tapeçaria das artes, da ciência e da tecnologia, veremos as tramas de inovação que ligam as disciplinas.

Por mais importante que a criatividade tenha sido para nossa espécie nos últimos séculos, ela será absolutamente indispensável para nossos próximos passos. Desde nossas atividades diárias até nossas escolas e empresas, estamos todos avançando ombro a ombro em direção a um futuro que exige uma remodelagem constante do mundo. Em décadas recentes, o mundo passou pela transição de uma economia manufatureira para uma economia da informação. Mas a história não termina aí. À

medida que os computadores ficam melhores em processar montanhas de dados, as pessoas ficam livres para assumirem outras tarefas. Já temos os primeiros vislumbres desse novo modelo: a economia da *criatividade*. Biólogo sintético, desenvolvedor de aplicativos, designer de carros autônomos, designer de computadores quânticos, engenheiro multimídia — são profissões que não existiam quando a maior parte dos adultos de hoje estava na escola, e representam a vanguarda do que está por vir. Daqui a dez anos, quando você pegar sua xícara de café pela manhã, pode estar se preparando para um trabalho muito diferente daquele que desempenha hoje. Por esses motivos, os conselhos diretores de empresas em todo lugar estão se desdobrando para tentar descobrir como se manter em dia, porque as tecnologias e os processos de administração de empresas estão mudando continuamente.

Só uma coisa nos permite enfrentar essas mudanças cada vez mais aceleradas: a flexibilidade cognitiva. Absorvemos as matérias-primas da experiência e as manipulamos para formar uma coisa nova. Devido à nossa capacidade de ir além dos fatos aprendidos, abrimos os olhos para o mundo que nos rodeia, mas também imaginamos outros mundos possíveis. Aprendemos fatos e geramos ficções. Compreendemos o que existe e prevemos o que mais poderia existir.

Ter sucesso num mundo em mudança permanente exige entender o que acontece dentro de nossa cabeça quando inovamos. Descobrindo as ferramentas e estratégias que levam à criação de novas ideias, podemos focar nas décadas à nossa frente e não nas que ficaram para trás.

Essa obrigatoriedade de inovar não se reflete em nossos sistemas escolares. A criatividade propulsiona descobertas e manifestações na juventude, mas é relegada a segundo plano em favor de competências mais fáceis de serem medidas e testadas. A escolha de deixar de lado o aprendizado criativo pode refletir tendências sociais mais amplas. Normalmente, os professores preferem o aluno bem-comportado ao criativo, que muitas vezes é visto como desordeiro. Uma pesquisa de opinião recente mostrou que a maior parte dos americanos quer que seus filhos valorizem mais o respeito aos mais velhos do que a independência, mais os bons modos do que a curiosidade, e preferem que sejam bem-comportados a criativos.[7]

Se queremos um futuro brilhante para nossos filhos, precisamos recalibrar nossas prioridades. A rapidez das mudanças que se verificam no

mundo deixa claro que os velhos manuais de como viver e trabalhar inevitavelmente se tornarão ultrapassados — e precisamos preparar nossos filhos para redigir os novos manuais. O mesmo software cognitivo que roda na cabeça dos engenheiros da NASA e de Picasso roda na cabeça de nossos jovens, mas precisa ser cultivado. Uma educação equilibrada incentiva competências *e* imaginação. Esse tipo de educação vai dar frutos décadas depois que os estudantes atirarem seus capelos para o alto na formatura e entrarem para um mundo que nós, seus pais, mal podemos prever.

Um de nós (Anthony) é compositor, o outro (David) é neurocientista. Somos amigos há muito tempo. Alguns anos atrás, Anthony compôs o oratório "Maternity" baseado no conto "The Founding Mothers", de David, que reconstitui uma linhagem materna ao longo da história. Trabalhar juntos levou a um diálogo recorrente sobre criatividade. Cada um de nós a estudava de acordo com a própria perspectiva. Durante milhares de anos, as artes nos deram acesso a nossa vida interior, proporcionando vislumbres não apenas sobre *o que* pensamos, mas também sobre *como* pensamos. Não existiu uma só cultura na história da humanidade que não tivesse música, artes visuais e narrativas. No entanto, em décadas mais recentes, as ciências do cérebro deram grandes saltos no entendimento das forças frequentemente inconscientes que fundamentam o comportamento humano. Começamos a perceber que nossos pontos de vista levavam a uma visão sinérgica da inovação — e é disso que este livro trata.

Vamos percorrer as invenções da sociedade humana como paleontólogos esquadrinhando registros fósseis. Junto com as últimas descobertas sobre o funcionamento do cérebro, isso vai nos ajudar a revelar muitos aspectos dessa parte essencial de nós mesmos. A Parte I deste livro apresenta nossa necessidade de criatividade, o modo como nos ocorrem ideias novas e como nossas inovações são moldadas pelo lugar e pela época em que vivemos. A Parte II explora características essenciais da mentalidade criativa, desde a multiplicidade de opções até a tolerância ao risco. A Parte III se dedica a empresas e salas de aula, mostrando como estimular a criatividade em nossas incubadoras para o futuro. O que se segue é um mergulho na mente criativa, uma celebração do espírito humano e uma visão de como remodelar nossos mundos.

PARTE I

NOVO SOB O SOL

CAPÍTULO 1

INOVAR É HUMANO

POR QUE NÃO ENCONTRAMOS O ESTILO PERFEITO?

Para observar a propensão humana à inovação basta você olhar os penteados nas cabeças a sua volta.

O mesmo tipo de inventividade para recriar algo pode ser visto em todos os artefatos que produzimos, de bicicletas a estádios.

Tudo isso impõe uma pergunta: Por que penteados, bicicletas e estádios não param de mudar? Por que não conseguimos encontrar a solução perfeita e apenas reproduzi-la?

Resposta: a inovação nunca cessa. Não se trata de encontrar a coisa *perfeita*, mas a coisa *seguinte*. Os seres humanos se voltam para o futuro, e não há um ponto de chegada. Mas por que o cérebro humano é tão irrequieto?

NOSSA ADAPTAÇÃO É RÁPIDA

A todo momento, mais ou menos um milhão de pessoas se encontram reclinadas em poltronas confortáveis que estão milhares de quilômetros acima da superfície do planeta. O sucesso da aviação comercial é enorme. Há não muito tempo, viajar pelos céus era uma aventura arriscada e raríssima. Agora, dificilmente provoca surpresa: embarcamos como sonâmbulos, e só ficamos alertas se algo quebrar nossa expectativa de conforto em poltronas reclináveis, com refeições e, dependendo da viagem, até filmes para assistir.

Num de seus números, o comediante Louis C.K. expressa perplexidade diante da forma como os viajantes perderam o encanto pelo voo comercial. Ele imita um passageiro se queixando: "E aí embarcamos no avião e nos fizeram ficar parados na pista durante quarenta minutos. Tivemos de ficar lá esperando." A resposta de Louis ao passageiro: "É mesmo?! E o que aconteceu depois? Você voou pelos ares, de forma inacreditável, como um pássaro? Você participou da experiência milagrosa do voo humano, seu zero à esquerda?" Ele volta a atenção para as pessoas que reclamam dos atrasos. "Atrasos? É mesmo? De Nova York à Califórnia em cinco horas. Antes levava trinta anos. E você ainda morria no caminho." Louis relembra seu primeiro voo com Wi-fi, em 2009, assim que a tecnologia foi implantada. "Estou sentado no avião e eles começam: 'Abra seu laptop, você pode entrar na internet.' E é rápida, assisti a vídeos no YouTube. É incrível: estou num avião!" Mas minutos depois a conexão cai. O passageiro ao lado de Louis se zanga e exclama: "Isto é um absurdo!" Louis comenta: "Quer dizer, olha a rapidez com que o mundo passa a lhe dever uma coisa que ele só descobriu que existia alguns segundos atrás."

Sim, é muito rápido. O novo logo se torna o normal. Basta pensar em como os smartphones nos parecem triviais agora — mas não faz tanto tempo assim que fichas retiniam em nossos bolsos, caçávamos cabines telefônicas, tentávamos coordenar pontos de encontro e perdíamos compromissos por causa de erros de planejamento. Os smartphones revolucionaram nossa comunicação, mas as novas tecnologias se tornam básicas, universais e invisíveis a nossos olhos.

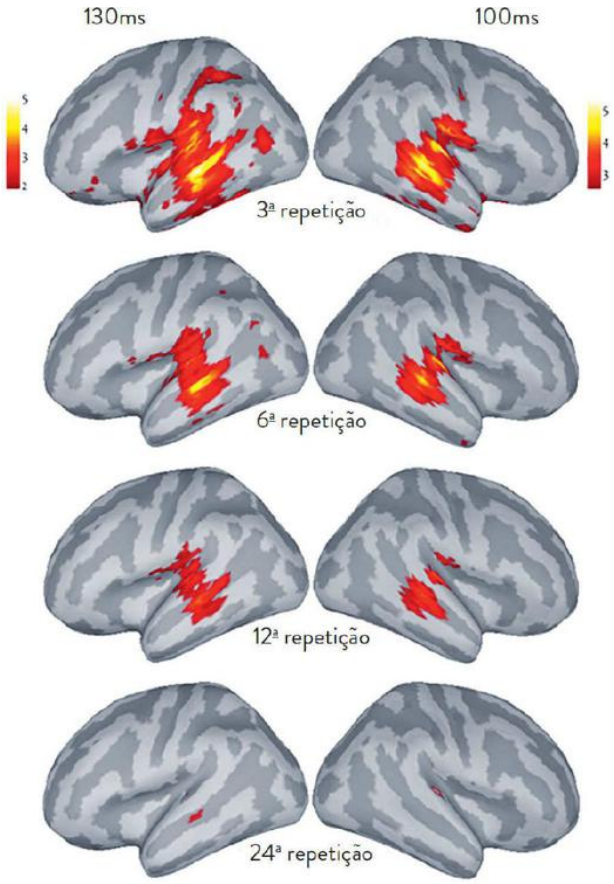
Em pouco tempo, o brilho da tecnologia mais recente se esvai, e o mesmo acontece nas artes. O artista plástico Marcel Duchamp escreveu no século XX:

> Daqui a cinquenta anos haverá outra geração e outra linguagem crítica, uma abordagem totalmente diferente. Não, o que se deve fazer é tentar uma pintura que seja viva para sua época. Nenhuma pintura tem vida ativa por mais de trinta ou quarenta anos [...] Depois de trinta ou quarenta anos a pintura morre, perde sua aura, sua emanação ou seja lá o que for. E então é esquecida ou entra para o purgatório da história da arte.[1]

Com o tempo, mesmo grandes obras que um dia chocaram a população acabarão em algum lugar entre o convencional e o esquecido. A vanguarda se torna o novo normal. A tecnologia de ponta se torna menos afiada.

Essa normalização do novo acontece com os melhores planos das empresas. De tantos em tantos anos, empresas gastam muito dinheiro com consultorias que lhes dizem para alterar sua configuração atual — por exemplo, passar de uma distribuição aberta das mesas de trabalho, sem baias, para cubículos, ou vice-versa. Como veremos adiante, não há uma resposta certa sobre como fazer isso: o que importa é a *mudança*. Os consultores não estão errados, mas os detalhes de suas sugestões simplesmente não têm importância. O principal não é a solução específica, mas sim a variação.

Por que os seres humanos se adaptam com tanta rapidez ao que está a sua volta? Por causa de um fenômeno conhecido como supressão por repetição. Conforme vai se acostumando a alguma coisa, o cérebro responde a ela cada vez menos. Imagine, por exemplo, que você se depara com um novo objeto — digamos, um carro autônomo. Da primeira vez que o vê, seu cérebro apresenta uma grande resposta. Ele absorve uma coisa nova e a registra. Da segunda vez que o vê, seu cérebro já apresenta uma resposta um pouco menor. Não lhe dá tanta importância, porque já não é novidade. Da terceira vez, menos resposta; da quarta, ainda menos.



Fontes cerebrais reveladas por mapeamento estatístico paramétrico da atividade cerebral (dSPM), procedimento derivado da magnetoencefalografia (MEG), mostrando o componente N1m (resposta auditiva provocada) a 130 ms (milissegundos) no hemisfério esquerdo e 100 ms no hemisfério direito. As áreas auditivas do cérebro exibem uma supressão da atividade quando o mesmo estímulo é apresentado repetidamente (3 vezes, 6 vezes, 12 vezes e 24 vezes).

Supressão por repetição em funcionamento.[2]

Quanto mais conhecida for alguma coisa, menos energia neural gastaremos com ela. É por isso que, da primeira vez que você vai de carro para seu novo trabalho, parece que demora muito. No segundo dia, a viagem já parece um pouco mais curta. Depois de algum tempo, é como se ir ao trabalho não levasse tempo nenhum. O mundo se desgasta à medida que se torna conhecido; o que está em primeiro plano passa para segundo plano.

Por que somos assim? Porque somos criaturas que vivem e morrem de acordo com os estoques de energia acumulados no corpo. Lidar com o mundo é uma tarefa difícil que exige movimento e muito raciocínio — é

um empreendimento energeticamente dispendioso. Quando fazemos previsões corretas, economizamos energia. Quando se sabe que insetos comestíveis podem ser encontrados debaixo de certos tipos de pedra, isso poupa o trabalho de revirar *todas* as pedras. Quanto melhor a previsão, menos energia gastamos. A repetição nos torna mais confiantes em nossas previsões e mais eficientes em nossas ações.

Portanto, há algo atraente (e útil) na previsibilidade. Mas se nosso cérebro faz tamanho esforço para tornar o mundo mais previsível, impõe-se a pergunta: se amamos tanto a previsibilidade, por que, por exemplo, não substituímos nossos televisores por máquinas que emitem um bipe ritmado e previsível 24 horas por dia?

A resposta é que a falta de surpresa é um problema. Quanto melhor compreendemos uma coisa, menos esforço dedicamos a pensar sobre ela. A familiaridade cultiva a indiferença. A supressão por repetição se instala e nossa atenção diminui. É por isso que o casamento precisa ser constantemente reavivado. É por isso que você não ri várias vezes da mesma piada. É por isso que — mesmo que goste muito de esportes — você não vai ficar satisfeito assistindo sempre ao mesmo jogo. Embora a previsibilidade nos dê segurança, o cérebro se esforça para incorporar novos fatos a seu modelo do mundo. Ele está sempre em busca de novidades e fica animado quando se atualiza.

Por causa de nossos mecanismos neurais, boas ideias não conservam o brilho. Veja a lista dos livros mais vendidos nos Estados Unidos no ano de 1945:

1. *Forever Amber*, Kathleen Winsor
2. *The Robe*, Lloyd C. Douglas
3. *The Black Rose*, Thomas B. Costain
4. *The White Tower*, James Ramsey Ullman
5. *Cass Timberlane*, Sinclair Lewis
6. *A Lion Is in the Streets*, Adria Locke Langley
7. *So Well Remembered*, James Hilton
8. *Captain from Castile*, Samuel Shellabarger
9. *Earth and High Heaven*, Gwethalyn Graham
10. *Immortal Wife*, Irving Stone

Esses foram livros que capturaram a imaginação do público à época, mas é bem possível que a maioria dos americanos de hoje nunca tenha ouvido falar de nenhum deles. Lembre-se de que esses livros estavam na boca do povo naquele ano. Os autores abrilhantaram jantares com sua presença. Autografaram incontáveis exemplares. Provavelmente, teriam dificuldade de imaginar que esses livros um dia seriam totalmente esquecidos.

Ansiamos sempre pelo novo. No filme *Feitiço do Tempo*, um apresentador de previsão do tempo interpretado por Bill Murray é obrigado a reviver sempre o mesmo dia. Diante dessa repetição aparentemente interminável, ele finalmente se revolta contra a obrigatoriedade de viver sempre o mesmo dia. Aprende francês, torna-se um exímio pianista, faz amizade com vizinhos, ajuda os desfavorecidos.

Por que torcemos por ele? Porque não queremos previsibilidade absoluta, ainda que o que esteja se repetindo seja bom. A surpresa nos atrai. Permite-nos sair do piloto automático. Ela nos mantém despertos para nossa experiência. Na verdade, os sistemas neurotransmissores relacionados à recompensa estão ligados ao nível de surpresa: recompensas recebidas em momentos regulares e previsíveis desencadeiam muito menos atividade cerebral que as mesmas recompensas recebidas em momentos aleatórios e imprevisíveis. A surpresa gratifica.

É por isso que as piadas são estruturadas da forma como são. Nunca dois caras entram num bar, são sempre três. Por quê? Porque o primeiro estabelece a dinâmica e o segundo confirma o padrão. Esse é o caminho mais curto para que o terceiro cara quebre o padrão, escapando à previsão do cérebro. Em outras palavras, o humor nasce da violação das expectativas. Se você contasse a piada a um robô, ele simplesmente ouviria as ações de cada um dos três caras e provavelmente não acharia graça. A piada só funciona porque o cérebro sempre tenta prever o que vai ocorrer, e o desfecho o pega de surpresa.[3]

Os anunciantes sabem que é necessário criatividade constante para manter nosso interesse. Seus anúncios nos direcionam para certa marca de detergente, ou batatas fritas, ou perfume, mas se os comerciais não forem frequentemente atualizados vamos deixar de prestar atenção. Eles perdem o impacto.

Evitar a repetição é a nascente da cultura. As pessoas costumam dizer que a história se repete, mas essa afirmação não é totalmente correta. No máximo, como disse Mark Twain, a história rima. Ela tenta coisas semelhantes em épocas diferentes, mas os detalhes nunca são iguais. Tudo evolui. A inovação é um requisito. Os seres humanos precisam de novidade.

Portanto, é preciso encontrar um ponto de equilíbrio. Por um lado, o cérebro tenta poupar energia prevendo o mundo; por outro, procura inebriar-se com a surpresa. Não queremos viver num loop infinito, mas também não queremos surpresas o tempo todo. Você não quer acordar amanhã e descobrir que é o mesmo dia que hoje, mas também não quer acordar e descobrir que a gravidade acabou e que você está colado no teto. Há um meio-termo entre aproveitar o que conhecemos e desvendar o desconhecido.

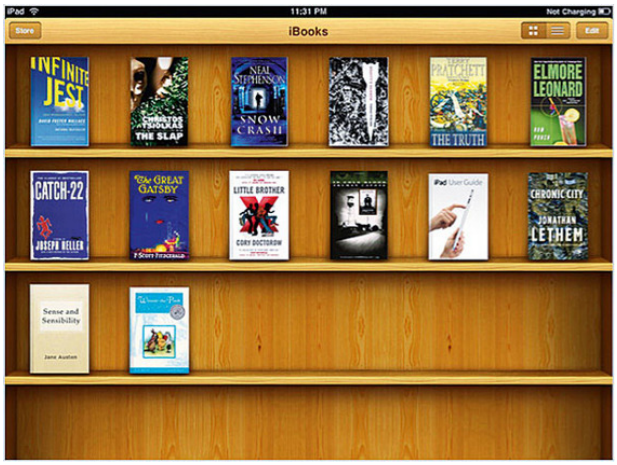
O PONTO DE EQUILÍBRIO

O cérebro procura um equilíbrio entre aproveitar o conhecimento adquirido e explorar novas possibilidades. Essa é sempre uma negociação complicada.[4] Suponhamos que você precisa decidir em qual restaurante almoçar. Seria melhor ir ao predileto de sempre ou tentar algo novo? Se escolher o lugar conhecido, estará aproveitando o conhecimento que obteve em experiências anteriores. Se preferir um salto culinário no escuro, estará explorando opções ainda não testadas.

Os seres do reino animal costumam chegar a um meio-termo. Se você aprendeu com a experiência que debaixo das pedras vermelhas há larvas e debaixo das azuis não há nada, precisa aproveitar esse conhecimento. Mas pode ser que um dia você não encontre larva nenhuma ali, seja por causa de seca, incêndio ou outros animais caçando na região. As regras do mundo raramente permanecem as mesmas por muito tempo, e é por isso que os animais precisam pegar o que aprenderam (*As pedras vermelhas escondem larvas*) e alternar isso com tentativas de novas descobertas (*O que haverá debaixo dessas pedras azuis?*). É por isso que um animal passa a maior parte do tempo procurando debaixo das pedras vermelhas, mas não o tempo todo. Ele vai dedicar algum tempo a procurar debaixo das azuis, mesmo tendo feito buscas infrutíferas ali no passado. Continuará explorando. Vai dedicar algum tempo a procurar também debaixo das pedras amarelas, nos troncos e no rio, porque nunca se sabe de onde virá a próxima refeição. No reino animal, o conhecimento adquirido a duras penas é contrabalançado por novas buscas.

No decorrer de seu desenvolvimento ao longo das eras, o cérebro chegou a um meio-termo entre aproveitamento e exploração que equilibra flexibilidade e rigor. Queremos que o mundo seja previsível, mas não previsível *demais*, e é por isso que penteados não param de mudar, nem bicicletas, estádios, fontes, literatura, moda, cinema, cozinhas ou carros. Nossas criações podem se parecer muito com o que veio antes, mas se transformam. Com previsibilidade demais, não prestamos atenção; com surpresa demais, ficamos desorientados. Como veremos nos próximos capítulos, a criatividade existe nessa tensão.

O meio-termo entre aproveitamento e exploração também explica por que nosso mundo é tão densamente povoado de esqueumorfos: características que imitam o design daquilo que veio antes. Quando o iPad foi lançado, por exemplo, ele apresentava uma estante "de madeira" com "livros", e os programadores deram duro para fazer as "páginas" virarem quando alguém passa o dedo na tela. Por que não simplesmente redefinir um livro para a era digital? Porque isso não deixaria os usuários à vontade; eles queriam uma ligação com o que veio antes.



Mesmo quando passamos de uma tecnologia para outra, mantemos laços com o velho, deixando uma trilha clara entre aquilo que era e aquilo que é. No Apple Watch, a "coroa digital" se parece com a coroa mecânica usada para acertar os ponteiros e dar corda num relógio analógico. Numa entrevista para a revista *The New Yorker*, o designer Jonathan Ive explicou que tinha posto a coroa um pouco para cima a fim de que parecesse "estranhamente familiar". Se estivesse centralizada, os usuários achariam que ela desempenharia sua função original; se tivesse sido eliminada, o relógio não pareceria o suficiente com um.[5] Os esqueumorfos atenuam a sensação do novo resgatando o que é familiar.

Nossos smartphones estão cheios de esqueumorfos. Para fazer uma ligação, tocamos no ícone com um fone antigo, com receptor e transmissor — um perfil que sumiu do panorama tecnológico há muito tempo. Quando a câmera do seu celular é acionada, ouve-se um arquivo sonoro que imita o obturador, embora as câmeras digitais não tenham obturador. Apagamos arquivos inúteis arrastando-os para a "lixeira". Salvamos arquivos clicando na imagem de um disquete — um artefato que já seguiu o caminho do mastodonte. Compramos artigos on-line colocando-os num "carrinho". Esses vínculos criam uma transição suave do passado para o presente. Mesmo a tecnologia mais moderna está presa a sua história por um cordão umbilical.

Um meio-termo entre aproveitamento e exploração não é exclusividade dos seres humanos. No entanto, enquanto gerações de esquilos fuçaram diferentes arbustos, os humanos dominaram o planeta com sua tecnologia. Portanto, existe algo de muito especial no cérebro humano. O que será?

POR QUE ZUMBIS NÃO SE CASAM OU FAZEM *BAR MITZVAH*?

Se você estivesse jantando com um zumbi, não esperaria ser surpreendido por uma ideia criativa. O comportamento deles é automatizado: só reproduz rotinas pré-configuradas. É por isso que os zumbis não andam de skate, não escrevem suas memórias, não lançam foguetes para a Lua nem mudam de penteado.

Embora sejam seres de faz de conta, os zumbis nos revelam algo importante sobre o mundo natural: grande parte do comportamento animal é automatizado. Imagine uma abelha, por exemplo. Um estímulo a leva à mesma reação, todas as vezes, fazendo com que ela decida entre opções como *pousar na flor azul*, *pousar na flor amarela*, *atacar*, *fugir*. Mas por que a abelha não pensa de forma criativa? Porque seus neurônios são fixos e transmitem sinais de entrada e saída como bombeiros em fila passando baldes de água de mão em mão.[6] No cérebro da abelha, essas brigadas de incêndio começam a se formar antes mesmo do nascimento: sinais químicos determinam as rotas dos neurônios, e desse modo constroem as diferentes regiões do cérebro associadas ao movimento, à audição, ao olfato e assim por diante. Mesmo quando está explorando novos territórios, a abelha funciona basicamente em piloto automático. Não é possível debater com uma abelha (nem com um zumbi): ela é uma máquina biológica, com o pensamento predeterminado por milhões de anos de evolução.

Temos em nós um pouquinho de abelha: o mesmo tipo de maquinaria neural nos permite ter uma grande quantidade de comportamentos instintivos, como andar, mastigar, se esquivar e digerir. Mesmo quando aprendemos novas competências, somos propensos a transformá-las prontamente em hábitos. Ao aprender a andar de bicicleta, dirigir um carro, usar uma colher ou digitar num teclado, gravamos a tarefa em atalhos no circuito neural.[7] Assim, o canal mais rápido passa a ser favorecido, em vez de outras soluções, minimizando os riscos de o cérebro cometer erros. Os neurônios que não são necessários para a tarefa deixam de ser acionados.

Se a história terminasse aqui, o ecossistema humano tal como o conhecemos não existiria: não teríamos sonetos, helicópteros, jazz, tacos, bandeiras, caleidoscópios, confete ou coquetéis. Então qual é a diferença entre o cérebro de uma abelha e o nosso? Enquanto o cérebro de uma abelha tem um milhão de neurônios, o de um ser humano tem *cem bilhões*, o que nos dá um vasto repertório de comportamentos. E também somos privilegiados por outro motivo, além de pela quantidade de neurônios: por sua organização. Especificamente, temos mais células cerebrais entre a sensação (*O que está acontecendo?*) e a ação (*É isto que vou fazer*). Isso nos permite entender uma situação, refletir sobre ela, imaginar alternativas e (se necessário) agir. A maior parte da nossa vida transcorre nas regiões neurais entre sentir e fazer. Isso é o que nos permite passar da reflexão para a invenção.

A enorme expansão do córtex cerebral humano liberou amplas faixas de neurônios dos sinais químicos primitivos — permitindo que essas áreas formassem conexões mais flexíveis. Ter tantos neurônios "desocupados" dá aos humanos uma agilidade mental que outras espécies não têm. Isso nos torna capazes de comportamentos mediados.

Os comportamentos mediados (ao contrário dos automatizados) exigem pensamento e previsão: compreender um poema, ter uma conversa difícil com um amigo, elaborar uma nova solução para um problema. Esse tipo de pensamento envolve a busca de novos caminhos para ideias inovadoras. Em vez de uma resposta direta à pressão de um botão, a comunicação entre neurônios parece um debate parlamentar.[8] Todos participam da discussão. Coligações se formam. Quando há um consenso firme, uma ideia pode chegar à consciência, mas o que talvez pareça uma compreensão repentina na verdade é resultado de um amplo debate interno. E o mais importante: da próxima vez que nos fizermos a mesma pergunta, a resposta pode ser diferente. Ninguém espera que as abelhas encantem sua rainha com histórias durante mil e uma noites. Pelo contrário, seria sempre a mesma noite, porque o cérebro delas segue o mesmo caminho todas as vezes. Graças a nossa arquitetura neural improvisadora, podemos entrelaçar histórias e remodelar tudo a nossa volta.

Os seres humanos vivem em meio a uma competição entre os comportamentos automatizados, que refletem hábitos, e os comportamentos mediados, que rompem com os hábitos. Será que o

cérebro deveria projetar uma rede neural direta em favor da eficiência ou ramificá-la em favor da flexibilidade? Precisamos das duas coisas. Os comportamentos automatizados nos dão competências: quando o escultor cinzela, o arquiteto constrói uma maquete ou o cientista conduz um experimento, a destreza que vem da prática ajuda a tornar novos resultados possíveis. Quando não somos capazes de pôr em prática novas ideias, fazemos de tudo para dar-lhes vida. Mas o comportamento automatizado não é capaz de inovar. É o comportamento mediado que gera novidades. Ele é a base neurológica da criatividade. Como disse Arthur Koestler: "A criatividade é a ruptura de hábitos por meio da originalidade." Ou, nas palavras do inventor Charles Kettering: "Saia da estrada principal."

O número gigantesco de células cerebrais interpostas entre o estímulo e a ação contribui de maneira decisiva para a enorme criatividade de nossa espécie. É o que nos permite analisar possibilidades além daquelas diante de nós. E nisso reside grande parte da magia do cérebro humano: simulamos cenários incansavelmente.

Na verdade, essa é uma das principais ocupações do cérebro inteligente: a simulação de futuros possíveis.[9] *Será que devo concordar com o chefe ou dizer que a ideia dele é ruim? O que surpreenderia minha esposa em nosso aniversário de casamento? Hoje eu quero jantar comida chinesa, italiana ou mexicana? Se eu conseguir aquele emprego distante, deveria me mudar para uma casa mais próxima ou continuar na atual?* Como não podemos pôr em prática todas as ações possíveis para conhecer suas consequências, fazemos essas simulações internamente. De todos os cenários, só um — ou talvez nenhum — acontecerá de fato, mas, ao nos prepararmos para as alternativas, somos capazes de reagir com mais flexibilidade ao futuro. Essa sensibilidade foi a grande mudança que nos tornou seres humanos modernos, do ponto de vista cognitivo. Somos especialistas em imaginar realidades alternativas, transformando o que existe numa grande quantidade de "como seria se...?".

Desde cedo somos atraídos para simulações de futuro: fazer de conta é uma característica universal do desenvolvimento humano.[10] A mente de uma criança está repleta de sonhos de ser presidente, hibernar a caminho de Marte ou dar um salto-mortal heroico durante um tiroteio. Fazer de conta permite que a criança visualize novas possibilidades e adquira conhecimento sobre seus arredores.

Durante o crescimento, simulamos o futuro cada vez que analisamos alternativas ou imaginamos o que aconteceria se escolhêssemos outro caminho. Ao comprar uma casa, escolher uma faculdade, avaliar um possível parceiro ou investir no mercado financeiro, estamos aceitando que a maior parte do que cogitamos pode estar errada ou nunca acontecer. Futuros pais se perguntam: "Será menino ou menina?" Mesmo sem saber, discutem nomes, roupas, decoração do quarto e brinquedos. Pinguins,

cavalos, coalas e girafas têm apenas uma cria por vez, mas não se vê nenhuma dessas espécies ruminando o assunto como fazem os seres humanos.

Indagar "e se...?" está tão arraigado em nossa experiência diária que é fácil esquecer que se trata de um exercício imaginativo. Especulamos interminavelmente como as coisas poderiam ter sido, e a linguagem tem por objetivo facilitar a comunicação aos outros de nossas simulações.[11] Se você tivesse ido àquela festa, teria se divertido. Se tivesse aceitado aquele emprego, estaria bem de vida hoje em dia — mas infeliz. Se o técnico tivesse substituído o atacante, o time teria ganhado o jogo. A esperança é uma forma de especulação criativa: imaginamos o mundo como gostaríamos que ele fosse, e não como ele é. Sem perceber, passamos grande parte da vida no campo das hipóteses.[12]

Simular futuros nos dá segurança: ensaiamos mentalmente nossas atitudes antes de executá-las no mundo real. Como disse o filósofo Karl Popper, nossa capacidade de simular futuros possíveis "permite que nossas hipóteses morram em nosso lugar". Rodamos uma simulação do futuro (*O que aconteceria se eu caísse nesse despenhadeiro?*) e ajustamos nosso comportamento (*Dê um passo para trás*).

Mas, além de servirem para nos manter vivos, usamos essas ferramentas mentais para criar mundos que não existem. Essas realidades alternativas são as vastas planícies onde nossa imaginação faz sua colheita. Fazer de conta colocou Einstein num elevador no espaço para entender o tempo. Carregou Jonathan Swift a ilhas de gigantes e de minúsculos liliputianos. Levou Philip K. Dick a um mundo onde os nazistas venceram a Segunda Guerra Mundial. Permitiu que Shakespeare entrasse na mente de Júlio César. Transportou Alfred Wegener a uma época em que os continentes estavam unidos. Permitiu que Darwin testemunhasse a origem das espécies. Nosso dom para a simulação abre novos caminhos para trilharmos. O magnata dos negócios Richard Branson fundou mais de cem empresas, inclusive uma linha de transporte espacial que levaria passageiros para fora da atmosfera terrestre. A que ele atribui esse talento para o empreendedorismo? A sua capacidade de imaginar futuros possíveis.

E há mais um fator que liga o turbopropulsor da criatividade, algo externo ao nosso cérebro. O cérebro de outras pessoas.

F. Scott Fitzgerald e Ernest Hemingway eram dois jovens pobres e amigos em Paris. Robert Rauschenberg teve relacionamentos românticos com os pintores Cy Twombly e Jasper Johns quando estava na casa dos vinte anos, antes que qualquer um deles ficasse famoso. Mary Shelley, aos vinte anos, escreveu *Frankenstein* durante um verão que passou com os escritores Percy Bysshe Shelley e Lord Byron. Por que os criadores tendem a se aproximar uns dos outros?

Um equívoco muito comum é o de achar que os artistas criativos trabalham melhor quando dão as costas ao mundo. No ensaio "The Myth of the Isolated Artist" [O mito do artista isolado], de 1972, a escritora Joyce Carol Oates trata do tema: "A exclusão do artista de uma comunidade geral é um mito [...] O artista é uma pessoa perfeitamente normal e socialmente atuante, ainda que a tradição romântica o veja como tragicamente excêntrico."[13]

Um contexto em que ninguém lhe dá importância, atenção, apoio ou estímulo seria o pior cenário para um aspirante a criador. O artista que faz tudo sozinho, separado de seus pares, é uma criatura mítica. A criatividade é um ato inerentemente social.

Poucas figuras são tão representativas do artista solitário quanto o pintor holandês Vincent van Gogh. Ele vivia na sombra do mundo da arte e vendeu apenas uma pintura em vida. Mas um olhar mais atento revela uma pessoa envolvida com seus contemporâneos. Ele se correspondia com muitos artistas jovens em cartas cheias de referências ao trabalho e críticas explícitas a outros pintores. Quando recebeu sua primeira crítica positiva, mandou uma muda de cipreste de presente ao crítico. Em certo momento, ele e Paul Gauguin fizeram planos de fundar uma colônia de artistas nos trópicos. Então por que as pessoas ainda dizem que Van Gogh era um perfeito eremita? Porque rende uma história satisfatória sobre o manancial de sua genialidade. Mas essa história é um mito. Nem desajustado nem solitário, ele era um ativo participante de seu tempo.[14]

E a rede social não se aplica apenas a artistas, e sim a todos os ramos de criações inventivas. E.O. Wilson escreveu que "o grande cientista que

trabalha sozinho num laboratório escondido não existe”.[15]

Embora muitos cientistas prefiram acreditar que trabalham em solidão criativa, eles na verdade atuam numa vasta rede de interdependência. Mesmo os problemas que eles consideram importantes são influenciados pela comunidade criativa mais ampla. Isaac Newton, tido como a maior inteligência de seu tempo, passou grande parte da vida tentando dominar a alquimia, que era uma preocupação prevalecente em sua época.

Somos criaturas de requintada sociabilidade. Trabalhamos sem descanso para surpreender uns aos outros. Imagine se todas as vezes que um amigo perguntasse o que fez hoje, você desse exatamente a mesma resposta. É provável que a amizade não durasse muito tempo. Pelo contrário, os seres humanos procuram surpreender, provocar perplexidade, encantamento, assombro e incredulidade. É o que estamos programados para fazer uns com os outros, e é o que procuramos uns nos outros.

Aliás, em parte, esse é o motivo pelo qual os computadores não são muito criativos. O que você introduz nele é exatamente o que recebe de volta — números de telefone, documentos, fotos —, e essa capacidade muitas vezes nos atende melhor que nossa memória. Mas a exatidão dos computadores é também a razão de eles serem tão ruins em contar piadas ou agir com doçura para conseguir o que querem, por exemplo. Ou dirigir um filme. Ou dar uma palestra. Ou escrever um livro comovente. Para chegar a uma inteligência artificial criativa, precisaríamos construir uma *sociedade* de computadores exploratórios, todos empenhados em surpreender e impressionar uns aos outros. Esse aspecto social está totalmente ausente nos computadores, e é um dos motivos pelos quais a inteligência deles é tão mecânica.

NÃO COMA SEU CÉREBRO

Um pequeno molusco marinho, da classe das ascídias, faz uma coisa bem esquisita. No início da vida, ele nada para lá e para cá até encontrar um lugar para se agarrar, como uma craca, e então absorve o próprio cérebro para se nutrir. Por quê? Porque já não precisa do cérebro. O molusco encontrou seu lar definitivo. Usou o cérebro para identificar e escolher onde se fixar, e agora, concluída a missão, ele transforma os nutrientes do cérebro em outros órgãos. A lição que isso nos traz é de que o cérebro serve para procurar e tomar decisões. Assim que o animal se fixa de vez, não precisa mais do cérebro.

Nem a pessoa mais preguiçosa de todas comeria o próprio cérebro, porque os seres humanos não têm um ponto de fixação. Nossa ânsia permanente para combater a rotina faz da criatividade um imperativo biológico. O que buscamos na arte e na tecnologia é a surpresa, não apenas a satisfação de nossas expectativas. Em consequência disso, uma imaginação fértil caracterizou a história de nossa espécie: construímos habitats complexos, criamos receitas para preparar alimentos, nos vestimos com plumagens que mudam o tempo todo, nos comunicamos por meio de elaborados pios e uivos, viajamos entre habitats usando asas e rodas projetadas por nós mesmos. Todos os aspectos da nossa vida são repletos de engenhosidade.

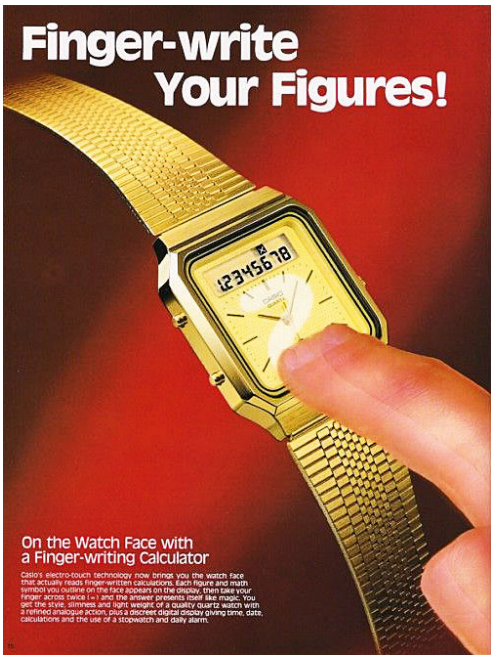
Graças a nosso apetite por novidade, a inovação é uma exigência. Não está restrita a apenas algumas pessoas. O impulso criativo vive no cérebro de todos os seres humanos, e dele resulta uma guerra contra o repetitivo que motiva as mudanças colossais que distinguem cada geração da seguinte, cada década da seguinte, cada ano do seguinte. O impulso de criar o novo é parte de nossa constituição biológica. Erguemos culturas às centenas e novas histórias aos milhões. Cercamo-nos de coisas que nunca existiram — algo que porcos, lhamas e peixinhos dourados não fazem.

Mas de onde vêm as novas ideias?

CAPÍTULO 2

O CÉREBRO MODIFICA O QUE CONHECE

Em 9 de janeiro de 2007, Steve Jobs subiu ao palco do MacWorld vestindo calça jeans e camiseta preta de gola rulê. “De vez em quando, um produto revolucionário chega e muda tudo”, anunciou ele. “Hoje, a Apple vai reinventar o telefone.” Mesmo depois de anos de especulações, o iPhone foi uma revelação. Ninguém nunca tinha visto uma coisa como aquela: ali estava um aparelho de comunicação, reprodutor de música e computador pessoal que cabia na palma da mão. A mídia o considerou um produto pioneiro, quase mágico. Blogueiros o apelidaram de “telefone Jesus”. O lançamento do iPhone foi característico das grandes inovações: elas chegam inesperadamente, com novidades que parecem ter surgido do nada.



Mas, apesar das aparências, as inovações não vêm do nada. Elas são os mais novos ramos da árvore genealógica da invenção. O cientista e designer Bill Buxton montou uma coleção de aparelhos tecnológicos durante décadas, e consegue expor a longa genealogia que nos trouxe até os aparelhos modernos.[1] Vejamos o relógio de pulso Casio AT-550-7, de

1984: ele tinha uma tela sensível ao toque que permitia ao usuário digitar diretamente no mostrador do relógio.

Dez anos depois — treze anos antes do iPhone —, a IBM acrescentou uma tela sensível ao toque a um telefone celular.

O Simon foi o primeiro smartphone do mundo: era usado com uma caneta e tinha um conjunto de aplicativos básicos. Mandava e recebia faxes e e-mails, informava a hora mundial, tinha bloco de notas, calendário e digitação preditiva. Infelizmente, não teve muitos compradores. Por que o Simon morreu? Em parte porque sua bateria durava apenas uma hora, em parte porque as ligações feitas de telefones móveis eram muito caras na época e em parte porque não existia um ecossistema de aplicativos disponível. Mas, assim como a tela sensível ao toque do Casio, o Simon deixou seu material genético no iPhone, que depois surgiu “do nada”.

Quatro anos depois do Simon veio o Data Rover 840, um assistente pessoal digital com tela sensível ao toque na qual se navegava em 3-D com uma caneta. As listas de contatos podiam ser armazenadas num cartão de memória e levadas a toda parte. Os computadores móveis começavam a ganhar espaço.

Percorrendo sua coleção, Buxton aponta os numerosos aparelhos que abriram caminho para a indústria de eletrônicos. O Palm Vx de 1999 introduziu a espessura fina que esperamos de nossos aparelhos atuais. “Ele produziu o vocabulário que propiciou os aparelhos ultrafinos, como os laptops de hoje”, diz Buxton. “Onde estão suas raízes? Estão ali, bem ali.”[2]

Pouco a pouco, estavam sendo lançados os fundamentos do produto “revolucionário” de Steve Jobs. O telefone Jesus, afinal, não nasceu de uma virgem.

Alguns anos depois do pronunciamento de Jobs, o escritor Steve Cichon comprou uma pilha de exemplares desgastados do jornal *The Buffalo News* de 1991. Ele queria matar sua curiosidade a respeito do que tinha mudado. No primeiro caderno, encontrou um anúncio da cadeia de lojas Radio Shack.

Cichon teve uma epifania: todos os produtos anunciados ali tinham sido substituídos pelo iPhone em seu bolso.[3] Apenas duas décadas antes, um consumidor teria gastado 3.054,82 dólares em todos aqueles equipamentos; agora, eles estavam condensados em um único aparelho de 150 gramas, a um custo muito menor e consumindo muito menos matéria-prima.[4] O anúncio era um retrato da genealogia do iPhone.

As tecnologias revolucionárias não surgem do nada — elas vêm de inventores que "criaram com base nas melhores ideias de seus heróis", como observa Buxton. Ele compara Jonathan Ive, o designer do iPhone, a um guitarrista como Jimi Hendrix, que muitas vezes "citava" outros músicos em suas composições. "Se você conhece a história e presta atenção a ela, passa a gostar de Jimi Hendrix ainda mais", diz Buxton.

O historiador da ciência Jon Gertner tem uma posição similar, e escreveu:

> Geralmente imaginamos que a invenção acontece num estalo, com um momento de eureca que conduz o inventor a uma

> epifania assombrosa. Na verdade, os grandes saltos tecnológicos dificilmente têm um ponto de origem exato. De início, as forças que precedem uma invenção começam a se alinhar, muitas vezes imperceptivelmente, conforme um grupo de pessoas ou ideias convergem, até que ao longo de meses ou anos ou décadas elas ganham clareza, impulso e recebem ajuda de novas ideias e novos atores.[5]

Como um diamante, a criatividade surge quando, sob pressão, a história assume uma forma nova e brilhante.

Vejamos outra inovação da Apple: o iPod.

Na década de 1970, a pirataria era um grande problema para a indústria da música. Os varejistas podiam devolver à gravadora os discos não vendidos e receber um reembolso, e muitos deles tiravam vantagem disso devolvendo cópias falsificadas. Um caso notável foi o do álbum *Physical*, de Olivia Newton-John. Foram produzidos dois milhões de cópias, e, apesar de o álbum chegar ao topo das paradas, três milhões de cópias foram devolvidas.

Para deter a fraude galopante, o inventor britânico Kane Kramer teve uma ideia. Encontraria uma maneira de transmitir música pelas linhas telefônicas, de maneira digital, e assim cada álbum seria recebido e gravado individualmente na loja por um aparelho especial. Mas então ocorreu a Kramer que um aparelho imenso era desnecessário. Em vez de produzir uma gravação analógica, por que não manter a música em formato digital e criar uma máquina portátil que a tocasse? Então ele esquematizou um tocador de música digital, o IXI. Teria uma tela e botões para executar as faixas.

Kramer não só projetou um tocador de música, como também previu uma nova maneira de vender e compartilhar música digitalmente, com um repertório ilimitado e sem necessidade de armazenamento físico. Paul McCartney foi um de seus primeiros investidores. O principal problema do tocador de música de Kramer era que, com o hardware disponível na época, o aparelho só tinha memória suficiente para suportar uma música.

Aproveitando a ideia promissora de Kramer, os engenheiros da Apple Computer acrescentaram uma roda de rolagem, materiais mais bonitos e, claro, memória e software avançados. Em 2001 — 22 anos depois que Kramer teve sua ideia — lançaram o iPod.

Mais tarde, Steve Jobs diria:

> Criatividade consiste apenas em ligar coisas. Quando você pergunta a pessoas criativas como fizeram algo, elas se sentem um pouco culpadas, porque na verdade não fizeram nada. Apenas enxergaram alguma coisa. Depois de um tempo, aquilo lhes parece óbvio; isso acontece porque elas foram capazes de interligar suas experiências e sintetizar coisas novas.

A invenção original de Kramer e o iPod da Apple, anos depois

A ideia de Kramer tampouco surgiu do nada. Ela seguiu os passos do Walkman da Sony, um tocador de fitas cassete portátil. O Walkman surgiu na esteira da fita cassete, inventada em 1963, que por sua vez surgiu na esteira das fitas de rolo de 1924, e assim por diante, até o passado mais remoto, tudo surgindo do ecossistema de inovações anteriores.

A criatividade humana não nasce num vácuo. Recorremos a nossa experiência e aos materiais brutos que nos circundam para remodelar o mundo. Saber onde estivemos e onde estamos indica como serão as próximas grandes indústrias. Analisando sua coleção de aparelhos, Buxton conclui que normalmente se passam duas décadas entre o surgimento de um novo conceito e seu domínio no mercado. “Se o que estou dizendo for plausível”, declarou ele à revista *Atlantic*, “será igualmente plausível supor que as coisas que vão se transformar em indústrias bilionárias daqui a dez anos foram criadas dez anos atrás. Isso muda completamente nossa abordagem da inovação. Não há invenção que surja do nada. O que existe é

prospecção, mineração, refino e ourivesaria para criar algo que valha mais do que ouro.”

***

Para resgatar a Apollo 13 danificada, os engenheiros da NASA garimparam e refinaram o que já conheciam. A nave estava a centenas de milhares de quilômetros de distância, portanto a solução teria de se valer de materiais que estivessem ao alcance dos astronautas. Os engenheiros da NASA tinham uma relação de tudo o que havia a bordo, além da experiência adquirida nas missões Apollo anteriores e em muitas simulações. Basearam-se em todo esse conhecimento para traçar o plano de resgate. Gene Kranz escreveu depois:

> Eu agora agradecia pelo tempo que tínhamos dedicado, antes da missão, [...] a criar opções e soluções alternativas para todas as falhas possíveis da espaçonave. Sabíamos que, em caso de emergência, poderíamos usar a água remanescente no módulo de comando, suor condensado e até mesmo a urina da tripulação em vez da água [do módulo lunar] para resfriar o sistema.

A experiência coletiva dos engenheiros lhes deu a matéria-prima de que precisavam para resolver problemas. Trabalhando contra o relógio, tiveram ideias, que testaram em réplicas da nave usadas para treinamento: sob imensa pressão do tempo, eles improvisaram com os dados que tinham.

Em todo o espectro das atividades humanas, saquear as ideias existentes impulsiona o processo criativo. Tomemos como exemplo a antiga indústria automobilística. Até 1908, construir um carro novo era extremamente trabalhoso. Os veículos eram produzidos sob encomenda, suas partes eram feitas em lugares diferentes e depois unidas com muito cuidado e esforço. Mas Henry Ford introduziu uma inovação decisiva: simplificou todo o processo, pondo a produção de peças e a montagem sob o mesmo teto. Madeira, minério e carvão entravam por uma ponta da fábrica e pela outra saía o Modelo T. A linha de produção mudou o modo de construir carros: “Em vez de deixar o trabalho em mesas de montagem

com os homens se deslocando entre elas, a esteira permitiu que os homens ficassem parados e o trabalho se deslocasse."[6] Graças a essas inovações, os carros começaram a sair da fábrica a um ritmo sem precedentes. Tinha nascido uma enorme indústria.

Mas, assim como o iPhone, a linha de produção idealizada por Ford teve uma longa genealogia. No início do século XIX, Eli Whitney tinha criado armamentos com partes intercambiáveis para o Exército americano. Essa inovação permitiu que consertassem fuzis avariados usando peças de outras armas. Para Ford, a ideia de partes intercambiáveis veio a calhar: em vez de serem customizadas para cada carro, as peças podiam ser produzidas em quantidade. As fábricas de cigarros do século anterior tinham aumentado o ritmo da produção usando um fluxo contínuo — transformando a montagem numa sequência ordenada de passos. Ford percebeu a genialidade disso e seguiu o exemplo. E a esteira transportadora foi algo que Ford aprendeu com a indústria de carne embalada de Chicago. Mais tarde, ele diria: "Não inventei nada novo. Simplesmente montei num carro as descobertas de outros homens, atrás dos quais havia séculos de trabalho."

A garimpagem da história acontece não apenas no ramo da tecnologia, mas também nas artes. Samuel Taylor Coleridge era o típico poeta romântico: apaixonado, impulsivo, com uma imaginação febril. Escreveu o poema "Kubla Khan" depois de um sonho induzido pelo ópio. Eis um poeta que parecia conversar com as musas.

Mas após a morte de Coleridge, o estudioso John Livingston Lowes dissecou em detalhes o processo criativo do poeta a partir de sua biblioteca e de seus diários.[7] Percorrendo as anotações de Coleridge, Lowes descobriu que os livros no gabinete do poeta "gotejaram [...] sua influência secreta sobre praticamente tudo o que Coleridge escreveu em seu apogeu criativo". Lowes remete os versos da "Balada do velho marinheiro", de Coleridge, que falam de criaturas marinhas "cujo rasto/ Era um lampejo de fogo dourado", ao relato do infortunado explorador James Cook sobre peixes fluorescentes que criam "na água um fogo artificial".[8] Vincula a imagem de *um sol em sangue*, de Coleridge, ao trecho do poema "O naufrágio", de Falconer, em que aparece o "brilho sanguíneo" do sol. Em diversas passagens, Lowes encontrou influências vindas das estantes de Coleridge. Afinal, quando escreveu a "Balada", o poeta nunca tinha posto os pés num barco. Lowes concluiu que o

combustível que incendiava a imaginação de Coleridge vinha de fontes identificáveis em sua biblioteca. Tudo tinha uma genealogia. Como escreveu Joyce Carol Oates: "[A arte,] como a ciência, deve ser entendida como um esforço comunitário — a tentativa de uma pessoa de dar voz a muitas vozes, uma tentativa de sintetizar, explorar e analisar."

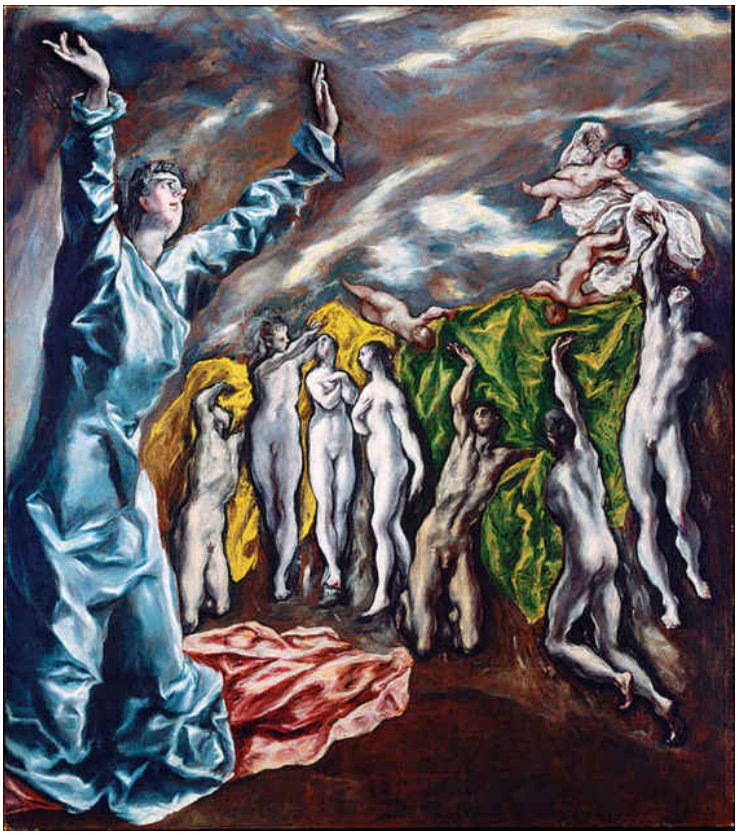
O invento de Kramer estava para Jonathan Ive assim como o fuzil de Whitney estava para Henry Ford e assim como a biblioteca de Coleridge estava para o poeta: era um recurso para ser digerido e transformado.

Mas que dizer de uma ideia, invento ou criação que seja um avanço sem precedentes nos últimos setecentos anos? Afinal, foi assim que Richardson descreveu a tela *Les Demoiselles d'Avignon*, de Picasso.

Mesmo para uma obra tão original quanto essa, é possível traçar sua genealogia. Na geração anterior a Picasso, artistas progressistas tinham começado a se afastar do hiper-realismo francês dominante no século XIX. O principal deles foi Paul Cézanne, que morreu um ano antes da criação de *Les Demoiselles* e havia quebrado o plano visual em formas geométricas e borrões de cor. Seu *Mont Sainte-Victoire* parece um quebra-cabeça. Mais tarde, Picasso diria que Cézanne tinha sido seu "primeiro e único mestre".

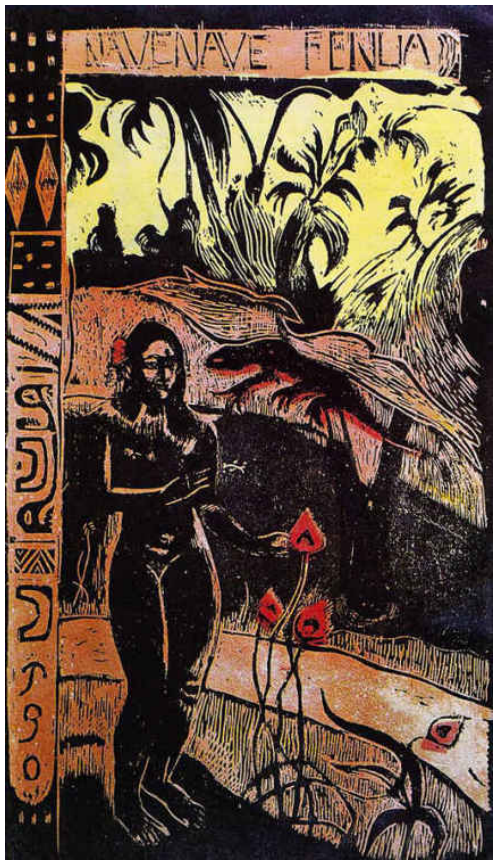
Mont Sainte-Victoire*, de Paul Cézanne*

Outras características de *Les Demoiselles* foram inspiradas por uma pintura pertencente a um amigo de Picasso: o retábulo *O quinto selo do Apocalipse*, produzido por El Greco no século XVII. Picasso fez diversas visitas para observar a peça e modelou o posicionamento de suas prostitutas com base naqueles nus de El Greco. A forma e o tamanho de *Les Demoiselles* também resgatam as proporções incomuns do retábulo.



O quinto selo do Apocalipse*, de El Greco*

A pintura de Picasso também assimilou influências mais exóticas. Poucas décadas antes, o pintor Paul Gauguin havia desafiado as convenções ao abandonar mulher e filhos e se mudar para o Taiti. Em seu paraíso particular, Gauguin incorporou arte indígena a suas pinturas e talhas em madeira.



Nave Nave Fenua*, de Paul Gauguin*

Picasso percebeu. Ele era fascinado pela arte indígena, principalmente a de sua Espanha natal. Certo dia, um amigo seu passou por um guarda adormecido numa das galerias do Louvre e saiu com dois artefatos bascos, que vendeu a Picasso por cinquenta francos. Mais tarde, Picasso mostraria a semelhança entre as esculturas ibéricas roubadas e os rostos que ele tinha pintado, observando que "a estrutura geral das cabeças, o formato das orelhas e o contorno dos olhos" são iguais. Richardson escreve: "A escultura ibérica foi uma descoberta de Picasso [...] Nenhum outro pintor a havia reivindicado para si."

Escultura ibérica e detalhe de Les Demoiselles d'Avignon*, de Picasso*

Enquanto Picasso trabalhava em *Les Demoiselles*, houve uma mostra de máscaras africanas num museu das proximidades. Em carta a um amigo, Picasso escreveu que a ideia para *Les Demoiselles* ocorreu-lhe no mesmo dia em que visitou a exposição. Mais tarde, ele mudou essa versão, dizendo que quando visitou a exposição já havia terminado a tela. No entanto, existe uma semelhança inequívoca entre as máscaras africanas e um dos traços mais radicais de *Les Demoiselles*: os rostos de duas das prostitutas semelhantes a máscaras.

Máscara africana e detalhe de Les Demoiselles d'Avignon *de Picasso*

Picasso garimpava a matéria-prima que tinha a sua volta, e com isso levou sua cultura a um novo patamar. Explorar as influências de Picasso de forma nenhuma reduz sua originalidade. Todos os artistas da época tiveram acesso às mesmas fontes. Só um combinou essas influências e criou *Les Demoiselles*.

Assim como a natureza modifica os animais existentes para formar novas criaturas, o cérebro trabalha a partir de antecedentes. Há mais de quatrocentos anos, o ensaísta francês Michel de Montaigne escreveu: "As abelhas colhem aqui e ali o néctar das flores, mas depois fazem o mel, que é todo delas [...] O mesmo ocorre com as partes que pega emprestadas dos outros; [o homem] vai transformá-las e fundi-las num trabalho todo seu."[9] Ou, como disse Steven Johnson, historiador da ciência moderna: "Tomamos as ideias que herdamos ou com as quais nos deparamos e as juntamos sob uma forma nova."[10]

Seja para inventar um iPhone, produzir carros ou lançar arte moderna, os criadores remodelam o que herdaram. Absorvem o mundo por meio de seu sistema nervoso e o manipulam para criar futuros possíveis. A artista gráfica Lonni Sue Johnson era uma ilustradora prolífica, com obras que apareceram na capa da revista *The New Yorker*. Em 2007, ela teve uma infecção quase fatal que prejudicou sua memória.[11] Sobreviveu, mas passou a viver numa janela de tempo de quinze minutos, incapaz de se

lembrar de seu casamento, do divórcio e até de pessoas que tinha visto poucas horas antes. O manancial de sua memória ficou quase vazio, e o ecossistema de sua criatividade secou. Parou de pintar, porque não conseguia pensar em nada que a levasse a isso. Não havia modelos internos entrelaçados em sua cabeça, nem ideias novas que combinassem coisas que ela tinha visto antes. Sentada diante de um papel em branco, não via nada além de um vazio. Ela precisava do passado para criar o futuro. Não tinha de onde extrair nada, portanto nada para desenhar. A criatividade se baseia na memória.

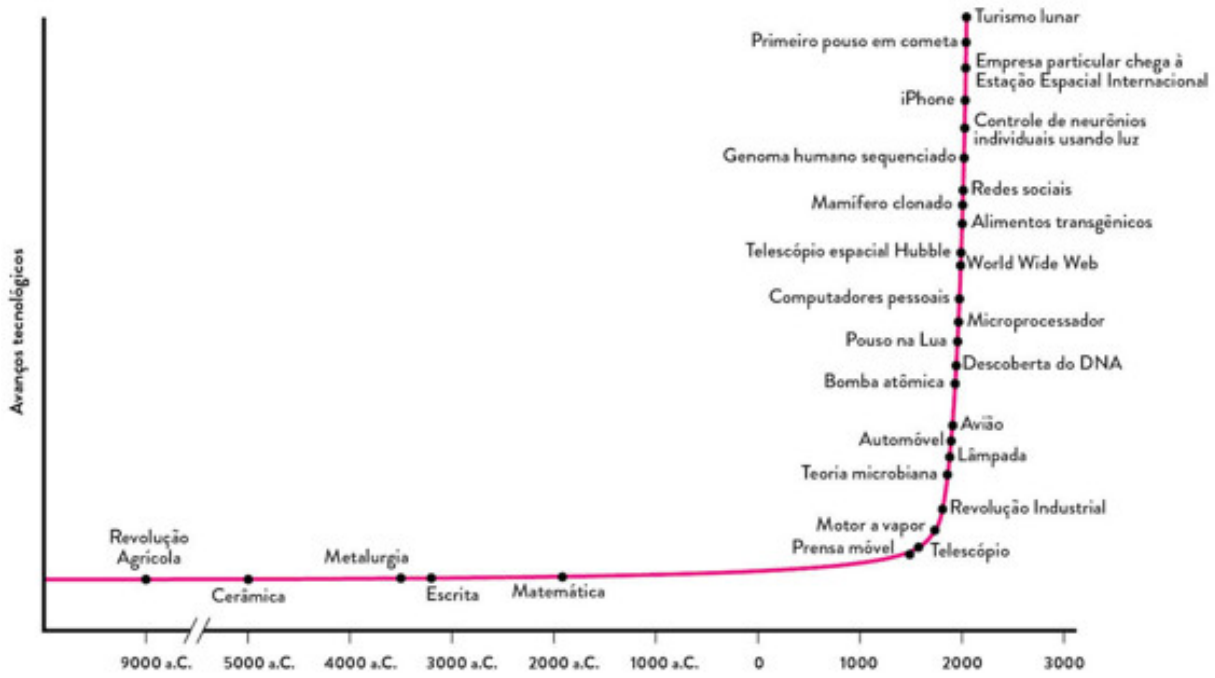
Mas e os momentos de eureca, nos quais uma pessoa é tomada de repente por uma ideia que se materializa do nada? Com certeza eles existem, não? Vejamos, por exemplo, o caso de um cirurgião ortopédico americano chamado Anthony Cicoria. Em 1994, ele estava falando com a mãe por um telefone público quando foi atingido por um raio. Semanas depois, inesperadamente, começou a compor. Nos anos seguintes, ao apresentar sua "Lightning Sonata" [Sonata do raio], ele falava de como sua música tinha sido dada a ele pelo "outro lado". Se alguma vez houve um caso de criatividade que caiu do céu, deve ter sido este: alguém que não é músico de repente começa a compor.

Contudo, examinando com mais cuidado, percebemos que Cicoria também se vale da matéria-prima a sua volta. Ele conta que, depois do acidente, sentiu um forte desejo de ouvir música de pianistas do século XIX. É difícil saber ao certo os efeitos do raio no cérebro de Cicoria, mas está claro que ele assimilou rapidamente aquele repertório musical. Embora sua música seja bela, tem a mesma estrutura e a mesma progressão usadas pelos compositores que ele ouvia — como Chopin, que o precedera em quase dois séculos. Assim como Lonni Sue Johnson, ele precisava de um estoque de materiais para garimpar. Seu súbito desejo de compor pode ter vindo do nada, mas seu processo criativo básico, não.

Muita gente se expôs a tempestades metafóricas à espera do raio criativo. Mas as ideias criativas evoluem a partir de memórias e impressões preexistentes. As novas ideias não se acendem por raios; elas surgem do entrelaçamento de bilhões de fagulhas microscópicas em meio à vasta escuridão do cérebro.

Os seres humanos são sempre criativos: qualquer que seja nossa matéria-prima — palavras, sons, imagens —, somos processadores dos alimentos que nutrem o mundo do qual surge o novo.

Nosso software cognitivo inato, multiplicado pela imensa população de *Homo sapiens*, criou uma sociedade de inovações cada vez mais rápidas alimentada por suas ideias mais recentes. Oito milênios transcorreram entre a Revolução Agrícola e a Revolução Industrial, mas passaram-se apenas 120 anos entre a Revolução Industrial e a lâmpada elétrica. Mais noventa anos e pousamos na Lua. Passaram-se mais 22 anos e foi criada a World Wide Web, e apenas nove anos depois o genoma humano foi integralmente sequenciado. As inovações históricas pintam um quadro muito claro: o tempo transcorrido entre grandes inovações vem se reduzindo rapidamente.[12] E isso é exatamente o que se espera de um cérebro que se aperfeiçoa por si mesmo, absorvendo as melhores ideias do planeta e melhorando-as ainda mais.



Para remodelar o mundo, a Apple, os engenheiros da NASA, Henry Ford, Coleridge e Picasso trabalharam a partir do que veio antes. Mas à primeira vista talvez pareça que tenham feito isso de modos muito diferentes — afinal, recriar aparelhos eletrônicos, carros, poesias e pinturas deve exigir processos mentais muito diversos. É tentador pensar que as mentes criativas usam uma enorme variedade de métodos para remodelar o mundo. Mas o que estamos propondo é um modelo que divide o panorama das operações cognitivas em três estratégias básicas: entortar, quebrar e mesclar.[13] Sugerimos que é por meio dessas ações primárias que todas as ideias evoluem.

Com o entortar, a forma original é modificada ou torcida.

Krzywy Domek [Edifício ondulado], de Szotynscy & Zaleski, no balneário polonês de Sopot

Com a quebra, um todo é dividido.

Defragmentados*, de Yago Partal*

Com o mesclar, duas ou mais fontes são unidas.

Oh Sheet!*, de Thomas Barbèy* *

Entortar, quebrar e mesclar são formas de capturar as operações cerebrais que estão por trás do pensamento inovador. Sozinhas ou combinadas, essas operações mentais permitem que os seres humanos partam do Simon, da IBM, para chegar ao iPhone; ou de artefatos primitivos para o nascimento da arte moderna. Entortar, quebrar e mesclar trouxeram a tripulação da Apollo 13 de volta para casa e tornaram possíveis as fábricas da Ford. Mostraremos como a imaginação alça voo nas asas desses mecanismos cognitivos. Aplicando esse software cognitivo a tudo o que está a nossa volta, produzimos uma avalanche constante de novos mundos.

Essas operações mentais são essenciais para o modo como vemos e compreendemos o mundo. A memória, por exemplo, não funciona como uma gravação em vídeo, reproduzindo fielmente nossas experiências. Há distorções, abreviaturas e misturas. O que entra não é igual ao que sai, e por isso várias pessoas podem presenciar o mesmo acidente de carro mas ter lembranças divergentes dele, ou participar da mesma conversa mas fazer relatos contraditórios sobre ela depois. A criatividade humana emerge desse mecanismo. Entortamos, quebramos e mesclamos tudo o que pode ser observado, e essas ferramentas nos permitem extrapolar para muito além da realidade que nos cerca. Nós, humanos, somos péssimos em memorizar informação de forma precisa e detalhada, mas fomos projetados com exatidão para criar mundos alternativos.

Todos nós já vimos modelos em que o cérebro é apresentado como um mapa, com territórios claramente delimitados: esta região faz *isto*, aquela região faz *aquilo*. Mas esse modelo ignora o aspecto mais importante do cérebro humano: os neurônios se conectam de forma promíscua, portanto nenhuma região do cérebro funciona sozinha. Assim como uma sociedade, suas regiões operam numa constante balbúrdia de conversas cruzadas, negociações e cooperação. Como já vimos, essa ampla interação é a base neurológica da criatividade. Embora certas funções se encontrem restritas a regiões cerebrais determinadas, a criatividade envolve o cérebro inteiro: ela surge da colaboração entre redes neurais distantes.[14] Em decorrência dessa interconectividade, o cérebro humano aplica o entortar, quebrar e mesclar a uma enorme variedade de experiências. Estamos constantemente absorvendo nosso mundo, desmontando-o e lançando novas versões dele.

Nossa versatilidade para aplicar essas estratégias criativas é uma grande vantagem, porque uma variedade surpreendente de resultados pode

ser obtida da composição de um pequeno número de opções. Pense no que a natureza é capaz de fazer recombinando o DNA: plantas e peixes que vivem nas profundezas escuras do oceano, animais que pastam e caçam na terra, aves que voam pelos céus, seres que sobrevivem em climas quentes e frios, em altitudes elevadas e baixas, na selva ou no deserto — todos eles criados a partir de combinações diferentes dos mesmos quatro nucleotídios. Já surgiram milhões de espécies em nosso planeta, de amebas microscópicas a baleias do tamanho de edifícios, todas reorganizações daquilo que as precedeu. De forma análoga, nosso cérebro inova graças a um pequeno repertório de operações básicas que altera e rearranja informações. Tomamos as matérias-primas da experiência e então as entortamos, quebramos e mesclamos para criar outros resultados. Liberada no cérebro humano, a tríade entortar-quebrar-mesclar proporciona uma fonte inesgotável de novas ideias e comportamentos.

Outros animais apresentam indícios de criatividade, mas o ser humano se destaca. O que nos faz assim? Como vimos, nosso cérebro tem mais neurônios nas áreas entre a percepção sensorial e a resposta motora, permitindo conceitos mais abstratos e mais caminhos pelo circuito. E mais: nossa excepcional sociabilidade nos induz a interagir e trocar ideias continuamente, e com isso cada pessoa planta em todas as outras suas sementes mentais. O milagre da criatividade humana não se deve ao surgimento de novas ideias a partir do nada, mas à dedicação de grande parte de nosso espaço cerebral ao desenvolvimento delas.

Dentro de nossa cabeça, o cérebro roda seu software criativo o tempo todo. Cada vez que você exagera, conta uma mentira, faz um jogo de palavras, cria um novo prato a partir de sobras, surpreende seu parceiro com um presente, planeja férias na praia ou pensa num relacionamento que poderia ter tido, está digerindo e reconstruindo lembranças e sensações assimiladas anteriormente.

Por causa da quantidade de cérebros humanos pelo planeta, rodando esse software durante milhões de anos, vivemos cercados de produtos criativos. Às vezes, esse remodelamento do mundo é fácil de notar — quando, por exemplo, um fabricante anuncia um novo modelo ou quando você ouve um remix de sua música favorita. Mas no mundo moderno, em geral, a incessante modificação de inventos, ideias e experiências não está tão evidente.

Vejamos, por exemplo, o YouTube. O site revolucionou a forma de compartilhar vídeos on-line, mas não foi fácil se manter na dianteira. O YouTube logo descobriu que, para manter as pessoas assistindo, os vídeos tinham de ser transmitidos sem interrupção. Não tem graça ver um vídeo que trava: quando isso acontece, o usuário desiste de assistir.[15] A chegada do vídeo em alta definição agravou o problema. Os arquivos em HD são pesados e exigem muita largura de banda para rodar bem. Se a largura de banda for insuficiente, os bytes ficam travados e o vídeo congela. Infelizmente, a largura de banda oscila, e depende de cada provedor de internet, não do YouTube. Assim, quanto mais os usuários escolhiam vídeos em HD, mais negativa se tornava sua experiência. Os engenheiros da empresa estavam diante de uma dificuldade aparentemente insuperável. Sem poder influenciar diretamente a largura de banda, como garantir que os vídeos não travariam?

A solução foi surpreendente e muito engenhosa. Normalmente, os vídeos do YouTube são armazenados em três resoluções: alta definição, normal e baixa. Então os engenheiros criaram um software que quebrava os arquivos de resoluções diferentes em clipes muito breves, como as contas de um colar. Enquanto o vídeo está sendo transmitido para seu computador, outro software monitora as flutuações na largura de banda e

alimenta seu computador com a resolução que vai conseguir passar. O que parece um vídeo ininterrupto é na verdade composto de milhares de clipes minúsculos interligados. Desde que haja um número suficiente de clipes em alta definição, você nem repara nas resoluções mais baixas — cascalhos entre pérolas — misturadas a eles. Você só repara que o serviço melhorou.

Para melhorar a transmissão em HD, os engenheiros do YouTube recortaram e recombinaram os vídeos disponíveis, desafiando a suposição de que a alta qualidade de imagem só estaria garantida se fosse 100% em HD. E eis a questão: você não consegue enxergar a criatividade por trás da transmissão. Ela é imperceptível.

A transmissão do YouTube é um exemplo de criatividade invisível: ela foi pensada para não chamar atenção para si mesma. É criatividade por trás de um rosto impassível. No mundo dos negócios e na indústria, a criatividade com frequência fica fora de vista, porque o importante é que cada instrumento desempenhe sua função: que o vídeo não trave, que o aplicativo de trânsito atualize corretamente seu percurso, que o smartwatch indique quantos passos demos. A inovação muitas vezes se esconde.[16]

Parte externa do Centro Pompidou, em Paris

Vejamos os edifícios que nos cercam. Na maior parte deles, toda a tecnologia que os faz funcionar está oculta dentro das paredes: os dutos de ar, a tubulação, a fiação elétrica, as vigas e assim por diante. O Centro Pompidou, em Paris, vira esse modelo arquitetônico pelo avesso. Os elementos estruturais e funcionais estão dispostos na fachada externa, para que o mundo os veja.

Quando o design está na superfície, e não escondido, a criatividade é visível. A criatividade visível expõe os fios e dutos da invenção, nos permite ver os processos mentais internos que geram a inovação.

Em diferentes culturas, as fontes mais abundantes de criatividade visível se encontram nas artes. Como a arte tem por objetivo ser exibida, ela é o software de código aberto da inovação. Vejamos a instalação *O relógio*, de Christian Marclay: nesse vídeo com 24 horas de duração, cada minuto do dia é representado por uma cena de filme em que aquele horário

aparece na tela. Exatamente às 2h18 da tarde, Denzel Washington olha para um relógio que mostra 2h18 no filme de suspense *O Sequestro do Metrô 123*. No decorrer do ciclo de 24 horas da instalação, são projetados milhares de clipes de filmes, como *Corpos Ardentes, 007 Contra o Foguete da Morte, O Poderoso Chefão, A Hora do Pesadelo* e *Matar ou Morrer*, exibindo uma sequência atordoante de relógios — relógios de bolso, de pulso, despertadores, relógios de ponto, de parede e torres de relógio — digitais e analógicos, em preto e branco e em cores.[17]

O que Marclay está fazendo não é muito diferente do que os engenheiros do YouTube fizeram: ele recorta filmes em clipes curtos e depois os costura. Mas enquanto a criatividade dos engenheiros permanece oculta, Marclay nos permite observar o esqueleto do processo criativo. Conseguimos ver que ele quebrou e mesclou filmes para gerar sua obra. Ao contrário dos engenheiros do YouTube, no entanto, ele deixou seus recortes à mostra.

Durante dezenas de milhares de anos, as artes vêm sendo uma constante nas culturas humanas, dando-nos uma abundância de criatividade visível. Da mesma forma que uma tomografia permite ver o cérebro em funcionamento, as artes nos permitem estudar a anatomia do processo criativo. Sendo assim, como pôr arte e ciência lado a lado pode nos ajudar a compreender melhor o nascimento das novas ideias? O que a poesia de versos livres tem em comum com o sequenciamento do DNA e com a música digital? Qual a ligação entre a esfinge e o concreto autorreparador? O que o hip-hop nos ensina sobre o Google Tradutor?

Para chegar a essas respostas, vamos explorar cada elemento da nossa tríade: entortar-quebrar-mesclar.

---

* "Oh Sheet!" [Que lençol!] é um jogo de palavras intraduzível com "Oh shit!" [Que merda!]. (N. da T.)

CAPÍTULO 3

ENTORTAR

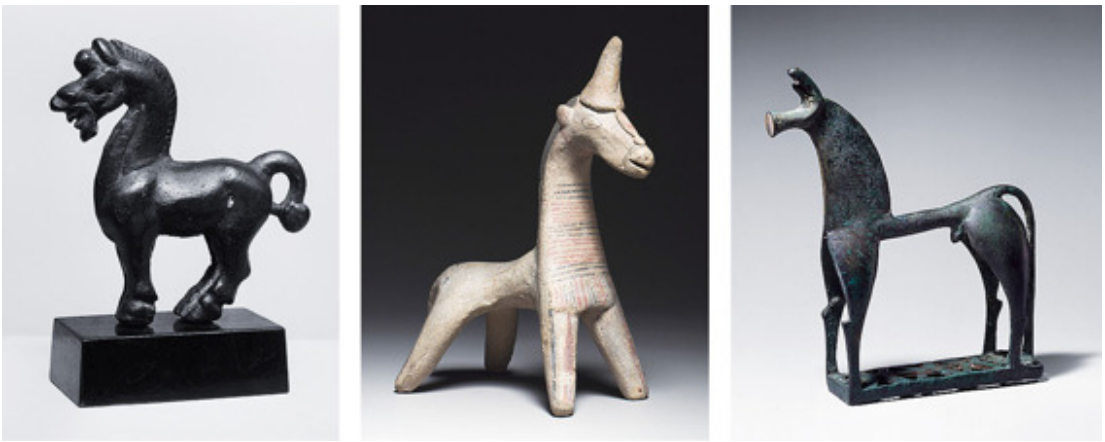
No começo da década de 1890, o pintor francês Claude Monet alugou um quarto em frente à catedral de Rouen. Durante dois anos, pintou mais de trinta vezes a entrada principal da igreja. Sua perspectiva visual nunca mudava: ele pintava a fachada sempre do mesmo ângulo. No entanto, apesar desse quadro fixo, não produziu sequer duas pinturas iguais. Monet mostrou a catedral sob diferentes luzes: numa, o sol do meio-dia dá à fachada uma palidez desbotada; em outra, o crepúsculo lhe confere tons de vermelho e laranja. Ao reproduzir um protótipo de maneiras diferentes, Monet usou a primeira das ferramentas criativas: entortar.

Da mesma forma, Katsushika Hokusai usou um ícone visual — o monte Fuji, no Japão — para criar 36 xilogravuras em que ele aparece em diferentes estações do ano, a diferentes distâncias e em diferentes estilos visuais.

Ao longo da história, as culturas vêm entortando a forma humana de maneiras diversas.

Esculturas maia, japonesa e ganense

E também manipulando formas animais.



Cavalos chinês, cipriota e grego

O entortamento nem sempre ocorre diante de nossos olhos, como no caso da cardiologia. O coração tende a apresentar problemas, e os pesquisadores acalentavam um sonho antigo: assim como se produzem ossos e membros artificiais, seria possível fazer um coração artificial? A resposta, como comprovado pela primeira vez em 1982, é sim. William DeVries implantou um coração artificial no dentista aposentado Barney Clark, que viveu por mais quatro meses e morreu com o coração ainda batendo. Foi um sucesso retumbante para a biônica.

Mas havia um problema. O bombeamento de sangue exige uma quantidade enorme de energia, e as partes móveis logo ficam sujeitas a desgaste. Encaixar a máquina no tórax de uma pessoa era uma dificuldade. Em 2004, os médicos Billy Cohn e Bud Frazier inventaram uma solução inovadora. Embora a Mãe Natureza tenha apenas os instrumentos necessários para *bombear* o sangue para o corpo, não significa que essa é a única solução. Cohn e Frazier se perguntaram o que aconteceria se usassem um fluxo contínuo. Como a água que circula numa fonte, o sangue não poderia ser oxigenado ao passar por uma câmara e seguir seu fluxo?

Em 2010, o vice-presidente dos Estados Unidos, Dick Cheney, recebeu um coração de fluxo contínuo, que o manteve vivo e sem batimento. O batimento é só um subproduto do bombeamento, não uma necessidade. Cohn e Frazier inventaram um novo tipo de coração levando o protótipo da natureza à bancada de trabalho.

O entortamento pode remodelar um objeto de muitas formas. Quanto ao tamanho, por exemplo. As *Petecas*, de Claes Oldenburg e Coosje van

Bruggen, postas no gramado do Museu de Arte Nelson-Atkins foram ampliadas até o tamanho de tendas indígenas.

Para os Jogos Olímpicos de 2016, o artista JR instalou uma escultura gigante do atleta do salto em altura Ali Mohd Younes Idriss em cima de um edifício no Rio de Janeiro.

Tudo o que pode se expandir também pode se contrair. Confinado a um quarto de hotel na condição de refugiado durante a Segunda Guerra Mundial, o escultor Alberto Giacometti criou uma série de estatuetas humanas diminutas.

Piazza, de Alberto Giacometti

A artista francesa Anastassia Elias cria arte em miniatura dentro de rolos de papel higiênico.

Pirâmide*, de Anastassia Elias*

Usando um feixe de íon focalizado, o artista Vik Muniz produz obras em nanoescala em grãos de areia.

Sand Castle #3*, de Vik Muniz*

Que relação teriam essas obras de arte com uma maior segurança no trânsito noturno? À primeira vista, nenhuma. Mas os mesmos processos cognitivos resolveram um grave problema dos para-brisas. No início da era dos automóveis, dirigir à noite era perigoso por causa do brilho ofuscante provocado pela aproximação dos faróis. O inventor americano Edwin Land se propôs a criar para-brisas à prova de ofuscamento. Para aumentar a visibilidade, ele se valeu da ideia de polarização.

Não era um conceito novo: durante o reinado de Napoleão, um engenheiro francês observou que os reflexos do sol nas janelas do palácio eram menos brilhantes se observados através de um cristal de calcita. Mas havia um problema. Várias gerações de inventores tiveram dificuldades em dar uso prático a grandes cristais de calcita. Imagine um para-brisa feito de cristais de quinze centímetros de espessura: seria impossível enxergar através dele.

Como todos os seus predecessores, Land tentou trabalhar com cristais grandes, mas não chegou a lugar algum. Então, um dia, ele teve seu momento de eureca: encolher os cristais. O que Land mais tarde chamaria de "pensamento ortogonal"[1] envolvia o mesmo processo mental que as obras de arte diminutas de Giacometti, Elias e Muniz. Transformando os cristais de algo que podemos segurar nas mãos em algo que não conseguimos enxergar, em pouco tempo ele conseguiu fazer folhas de vidro crivadas de milhares de cristais minúsculos. Como os cristais eram microscópicos, o vidro produzido era ao mesmo tempo transparente e

capaz de amenizar o brilho. O motorista tinha uma visão melhor da estrada — e a criatividade por trás disso permaneceu invisível.

Faróis vistos através de vidro não polarizado e do vidro polarizado de Land

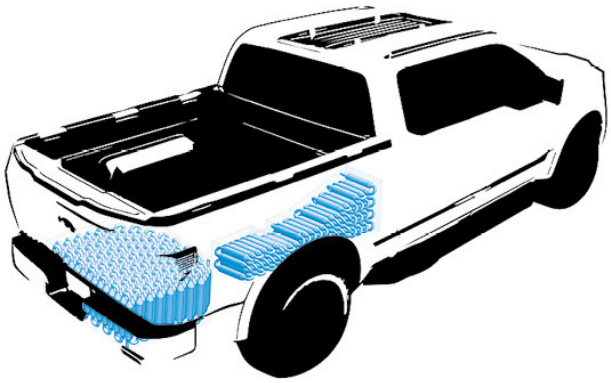
Além do tamanho, a forma pode ser entortada. No balé clássico ocidental, a postura dos bailarinos cria linhas retas tanto quanto possível. A partir da década de 1920, a bailarina e coreógrafa Martha Graham passou a usar poses, movimentos e tecidos inovadores para entortar a forma humana.

Assim como os bailarinos, as estruturas também podem mudar de forma. Usando modelagem computacional e novos materiais de

construção, o arquiteto Frank Gehry distorce o exterior normalmente liso das construções, criando fachadas onduladas e retorcidas.

Três construções de Frank Gehry: a Torre Beekman, o Centro Lou Ruvo de Saúde Cerebral e a Casa Dançante (com Vlado Milunić)

Como um entortamento semelhante poderia permitir que os carros do futuro comportassem mais combustível? Um dos obstáculos para a conversão de motores a gasolina para hidrogênio é o volume do tanque: os tanques de hidrogênio comuns têm forma de barril e ocupam muito espaço. Uma empresa chamada Volute criou um tanque de combustível adaptável que dobra sobre si mesmo em camadas e, portanto, pode ser encaixado em áreas não utilizadas do corpo do carro, resolvendo o problema do volume ao ser entortado e torcido.

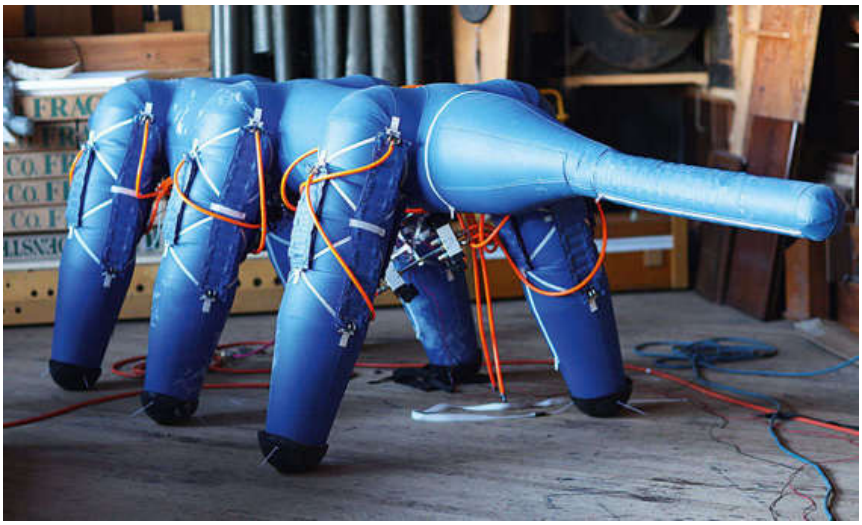


Tanque de combustível adaptável da Volute

O cérebro humano entorta arquétipos de infinitas maneiras. O escultor Claes Oldenburg (um dos criadores das petecas gigantes) não apenas aumenta, mas também amolece: em vez de usar mármore ou pedra, ele produziu esculturas com materiais flexíveis, como vinil e tecido. Sua *Bolsa de gelo* superdimensionada tem um motor que faz a escultura se expandir e contrair — algo que seria impossível com mármore.

Assim como as esculturas, os robôs tradicionalmente são feitos de materiais duros: desde o robô B-9 de *Perdidos no Espaço* aos soldadores automatizados das fábricas atuais, os robôs são ajudantes de aço. Sua estrutura brilhante é resistente, mas há desvantagens: as partes metálicas são pesadas e exigem muita energia para se movimentar. Além disso, robôs de metal têm dificuldade para erguer e segurar objetos delicados sem esmagá-los. A Otherlab é uma empresa que está fazendo

experimentos com robótica mole. Em vez de metais, usa tecidos leves e baratos. Seus robôs infláveis são muito mais leves que os convencionais e demandam menos energia — e mesmo assim o robô Ant-Roach anda e suporta mais de dez vezes o próprio peso. A robótica mole abriu várias possibilidades novas: pesquisadores construíram robôs macios que serpenteiam e rastejam como minhocas e lagartas e são capazes de se deslocar sobre superfícies onde um robô de metal tropeçaria ou ficaria preso. A pegada delicada de outros robôs moles permite que eles manipulem ovos frescos e tecidos vivos, que seriam esmagados por garras de metal.



Robô Ant-Roach, da Otherlab

O cérebro está sempre executando variações sobre um tema, inclusive sobre nossa experiência de tempo. Os Guardas Keystone recorriam à câmera rápida para exagerar suas mancadas cinematográficas. No filme *Bonnie e Clyde*, a câmera lenta foi usada durante a cena em que os criminosos são destroçados por uma chuva de projéteis, parecendo um balé mortal. O filme *300* alterna câmera rápida e lenta para afetar a percepção de tempo durante as sequências de batalha: os combatentes se chocam de modos surpreendentes.

A tecnologia também pode entortar a velocidade. O coração de fluxo contínuo não funcionou perfeitamente de início, por um motivo inesperado: assim como turbilhões se formam num curso d'água, coágulos tendem a se formar onde a corrente sanguínea faz uma curva fechada,

aumentando o risco de um derrame. Após tentar diversas soluções, Frazier e Cohn descobriram que modular a velocidade da corrente evitava a formação de coágulos. Programando o coração que não bate para acelerar e reduzir ligeiramente a velocidade da corrente sanguínea, eles resolveram um problema potencialmente letal. No filme *300*, a modulação da velocidade intensifica a violência; no coração, sustenta o sopro da vida.

E há outros modos de entortar o tempo. Ele normalmente anda para a frente, mas não na peça *Traição*, de Harold Pinter. O tema é um triângulo amoroso: a mulher de Robert, Emma, está tendo um caso com o melhor amigo dele, Jerry. Mas Pinter reverte a cronologia. A peça começa após o fim do caso, quando Emma e Jerry se encontram depois de anos separados. Durante as duas horas do espetáculo, a narrativa rebobina até a noite em que Jerry declarou seu amor por Emma pela primeira vez. Cada salto para trás no tempo revela planos, promessas e juras que nunca se materializam. Quando ouvimos a conversa entre os personagens na cena final, quase nada do que dizem um ao outro parece digno de confiança. Pinter inverteu uma seta que geralmente consideramos inalterável, e assim expôs as raízes da destruição de um casamento.

O cérebro não rebobina apenas no teatro, mas também em laboratório. Durante a Segunda Guerra Mundial, o físico suíço Ernst Stueckelberg percebeu que poderia descrever o comportamento de um pósitron (partícula de antimatéria) como um elétron voltando no tempo. Embora desafie nossa experiência, a volta no tempo revelou uma nova maneira de entender o mundo das partículas subatômicas.

Seguindo o mesmo princípio, cientistas estão tentando clonar o homem de Neandertal invertendo a seta do tempo. O homem de Neandertal era um primo genético próximo a nós, que diferia em apenas um décimo de seus genes. Usava ferramentas, enterrava seus mortos e fazia fogueiras. Embora maior e mais forte que nós, foi derrotado por nossos ancestrais. O último homem de Neandertal desapareceu entre 35 mil e cinquenta mil anos atrás. O biólogo George Church, de Harvard, propôs reconstruir o homem de Neandertal com engenharia reversa, partindo do genoma humano moderno e trabalhando de frente para trás. Assim como na cronologia reversa de Pinter no palco, os biólogos rebobinariam a evolução humana para criar uma célula-tronco do homem de Neandertal, que poderia ser implantada no útero de uma fêmea compatível. A ideia de Church não passa de

especulação por enquanto, mas é outro exemplo de como o cérebro manipula o fluxo do tempo para criar novos desfechos.

O entortamento criativo pode ser mais ou menos intenso. Na década de 1960, o artista Roy Lichtenstein fez uma homenagem às pinturas da catedral de Monet. Suas imagens em silk-screen são mais granulosas e monocromáticas, mas o tributo a Monet fica evidente.

Catedral de Rouen, Conjunto 5*,de Roy Lichtenstein*

Da mesma forma, em caricaturas, os traços mais característicos são exagerados para causar um efeito cômico — mas não a ponto de não conseguirmos identificar de quem se trata.

Mas quando as distorções são mais extremas, as fontes podem ser obscurecidas. Não é fácil perceber que as duas pinturas de Monet a seguir retratam o mesmo objeto: a ponte japonesa de sua casa em Giverny.

Ninfeias e ponte japonesa *(esq.) e* A ponte japonesa *(dir.), de Claude Monet*

E nos retratos de Francis Bacon, com rostos borrados e deformados, a mistura dos traços oculta a identidade dos sujeitos.

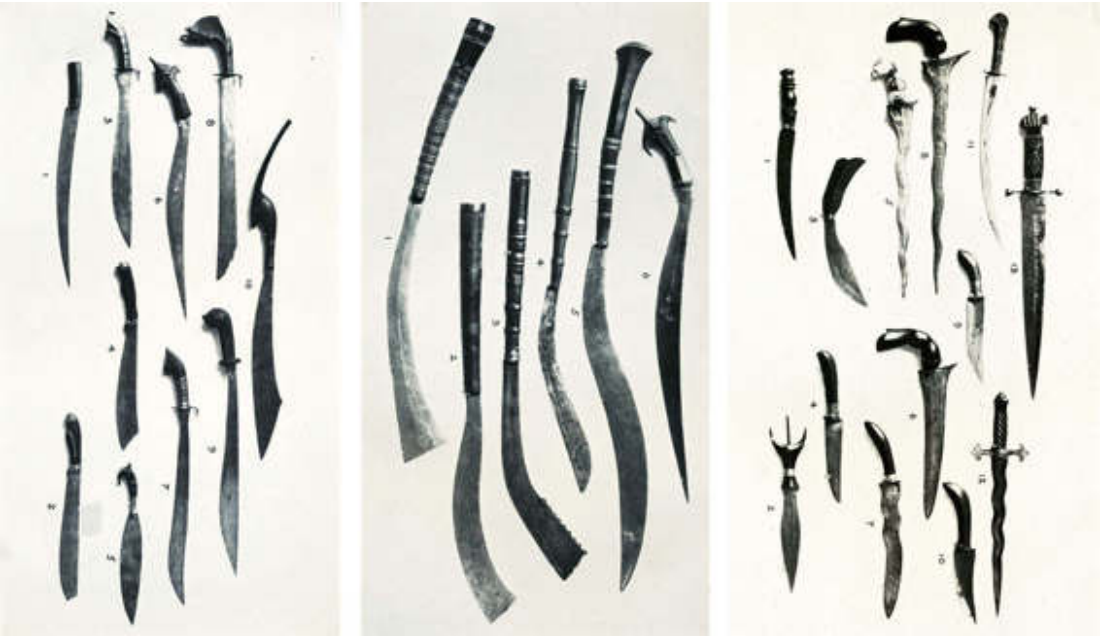
Três estudos para retratos (incluindo Autorretrato)*, de Francis Bacon*

Entortar um objeto até torná-lo irreconhecível resolveu um problema no início da era da televisão. Na década de 1950, quando os televisores tornaram-se comuns nos lares americanos, as emissoras queriam que as pessoas pagassem para assistir à programação. Mas isso era muito antes da televisão a cabo, e não existia uma forma de levar a programação até casas específicas. As redes não tinham escolha senão emitir a programação paga em todas as direções pelo ar. Mas como fazer os telespectadores pagarem por algo que qualquer antena podia captar? A solução: os engenheiros descobriram meios de embaralhar o sinal, algo similar ao que Bacon tinha feito com o próprio rosto. Num sistema criptográfico, as linhas analógicas eram misturadas. Noutro, um atraso aleatório era acrescentado a cada linha, dessincronizando-as. Para ver filmes inéditos ou partidas esportivas *premium*, os assinantes do sistema Paramount's Telemeter "Pay-to-See" depositavam moedas numa caixa, enquanto os clientes da Subscribervision inseriam um cartão perfurado.[2] Para o cliente pagante, um decodificador desembaralhava o sinal; para os demais, ele era um borrão indecifrável. Ao torcer as imagens, Bacon conferia profundidade psicológica a seus retratos; já as emissoras de televisão protegiam seus lucros.

Muitas pessoas se deixam levar pela ilusão do “fim dos tempos” e se convencem de que tudo o que poderia ser realizado já o foi. Mas a história do entortamento nos mostra o contrário: sempre haverá infinitamente mais para parir. A cultura sempre será uma obra em andamento.

Vejamos as facas, por exemplo. As lâminas mais antigas, de pedra lascada ou ponta afiada, datam de mais ou menos dois milhões de anos atrás.

Aos poucos, nossos ancestrais deram à faca um fio mais longo e um cabo, o que permitiu a aplicação de mais força. A partir desse modesto começo, as facas foram sendo entortadas de inúmeras formas, sua grossa árvore genealógica se ramificando cada vez mais. Essa coleção com diversas facas representa as Filipinas no século XIX: uma única cultura numa única época.



Da mesma forma, guarda-chuvas e guarda-sóis existem desde tempos remotos. Os antigos egípcios os confeccionavam com folhas de palmeira ou penas; os romanos, com couro ou peles; os astecas, com penas e ouro.[3] O guarda-chuva romano era dobrável, e o dos antigos chineses também; já os guarda-chuvas reais dos indianos e siameses eram tão pesados que tinham de ser segurados por um serviçal o tempo todo.

Em 1969, Bradford Phillips patenteou o guarda-chuva dobrável moderno. O modelo de Phillips permanece em uso, mas não foi o fim da linha: o departamento de patentes dos Estados Unidos continua recebendo tantas solicitações de modelos de guarda-chuva que tem quatro analistas em tempo integral para avaliá-las.[4] Por exemplo, a forma assimétrica do guarda-chuva Senz lhe confere maior resistência ao vento; o unBrella inverte o modelo original, com o tecido dobrado para cima e os raios do lado de fora; e o Nubrella é carregado como uma mochila, deixando as mãos livres.

Assim como as facas e os guarda-chuvas, as artes não têm um ponto final. Os clássicos são constantemente renovados. A peça *Romeu e Julieta*, de Shakespeare, foi transformada em balé, ópera, musical (*West Side Story*) e adaptada mais de quarenta vezes para o cinema, incluindo uma animação chamada *Gnomeu e Julieta*, na qual os amantes desditosos são anões de jardim.

Durante 35 anos, o grande jazzista Bobby Short cantou e tocou piano no Café Carlyle, em Nova York. Contudo, das inúmeras vezes que interpretou standards como "I'm in Love Again" ou "Too Marvelous for Words", nunca houve duas apresentações iguais. Para um músico de jazz, não há interpretação definitiva ou resultado final. O objetivo é a renovação: uma música tocada de novo nunca será exatamente a mesma duas vezes.[5]

Da mesma forma, Sherlock Holmes tornou-se um queridinho para reinvenções. Na novela *Um estudo em vermelho*, de Arthur Conan Doyle, a polícia descobre um cadáver junto a uma mensagem escrita com sangue na parede: *RACHE*. O inspetor Lestrade, da Scotland Yard, convoca Holmes para ajudá-lo a desvendar o caso enigmático. Analisando a cena do crime, Lestrade interpreta o recado sangrento:

> Quem o fez pretendia escrever o nome de mulher Rachel, mas foi interrompido antes de terminá-lo. Anote o que estou dizendo: quando esse caso for esclarecido, você verá que uma mulher chamada Rachel tem alguma coisa a ver com ele. Pode rir, Mr. Sherlock Holmes. O senhor pode ser muito inteligente e astuto, mas, no fim das contas, a velha raposa é melhor.[6]

Mas Holmes continua a observar a cena do crime e, com um gesto largo, anuncia uma série surpreendente de deduções:

> Houve um assassinato, e o assassino é um homem. Tem mais de um metro e oitenta, está no auge da vida, tem pés pequenos para sua altura, usava botas ordinárias de bico quadrado e fuma charutos Trichinopoly.

Após afirmar que a vítima tinha sido envenenada, Holmes acrescenta: "Só mais uma coisinha, Lestrade... *Rache* significa 'vingança' em alemão. Portanto, não perca tempo procurando a srta. Rachel."

A novela é um clássico, mas os clássicos são permanentemente reinventados, e os redatores da série *Sherlock* da BBC deram uma virada na história. No primeiro episódio (agora chamado "Um estudo em rosa"), o corpo de uma mulher é encontrado em circunstâncias semelhantes. A vítima tinha riscado uma palavra nas tábuas de madeira do piso: *RACHE*.

Lestrade deixa Holmes estudar a cena do crime durante alguns minutos, e então pergunta se ele chegou a alguma conclusão. Um policial no corredor os interrompe, cheio de si: "Ela é alemã. *Rache*. Vingança em alemão." Holmes responde, impaciente, "Sim, obrigado pela colaboração. É claro que ela não é [...]", e fecha a porta na cara dele. Depois continua: "Ela não é daqui, e pretendia passar a noite em Londres antes de voltar para casa, em Cardiff. Até aqui, tudo tão óbvio."

Lestrade pergunta: "E a mensagem?" Holmes anuncia que a mulher tinha um casamento infeliz, era uma adúltera contumaz e estava viajando com uma mala cor-de-rosa, que havia sumido. E conclui: "Ela devia ter um telefone, ou uma agenda. Vamos descobrir quem é Rachel."

"Ela estava escrevendo *Rachel*?", pergunta Lestrade, cético. Holmes responde com sarcasmo: "Não, ela estava deixando um bilhete zangado em alemão. É claro que estava escrevendo Rachel."

É uma das muitas entortadas na atualização dessa história clássica.

***

Em razão de o cérebro entortar continuamente os dados que recebe, a linguagem evolui. A comunicação humana tem a mudança inscrita em seu

DNA: por isso os dicionários atuais são muito diferentes dos de quinhentos anos atrás. A língua atende às necessidades da comunicação e do pensamento porque, além de ser referencial, é mutável — o que a torna um veículo tão poderoso para a transmissão de novas ideias. Graças às possibilidades criativas da língua, o que somos capazes de dizer evolui de acordo com o que precisamos dizer.[7]

Um exemplo é o verlan, uma espécie de dialeto informal francês em que as sílabas são invertidas: *bizarre* torna-se *zarbi*; *cigarette* torna-se *garettsi*.[8] Falado originalmente por jovens e criminosos das grandes cidades como meio de se esconder das autoridades, o verlan tornou-se tão comum que muitas de suas palavras foram assimiladas ao francês coloquial.

As definições nos dicionários são revisadas constantemente para corresponder aos usos e conhecimentos vigentes. Na Roma antiga, adição era o ato de escravizar pessoas que não conseguiam pagar suas dívidas. Com o tempo, a dependência de drogas passou a ser uma das acepções do termo: a pessoa torna-se escrava de seu vício. Na sua origem, a palavra inglesa *husband* designava o dono de uma casa, nada tendo a ver com casamento. Mas como era mais provável que um homem com casa própria encontrasse uma parceira, com o tempo a palavra ganhou seu significado atual: marido. Em 5 de novembro de 1605, Guy Fawkes tentou explodir o Parlamento britânico. Ele foi capturado e executado. Os legalistas queimavam sua efígie, que apelidaram de *guy*. Séculos depois, a palavra passou a significar apenas "homem", e perdeu a conotação negativa, a ponto de dar nome a um musical da Broadway: *Guys and Dolls* (*Garotos e Garotas*, na versão cinematográfica).[9] Na gíria americana, *bad* (mau) significa bom, *hot* (quente) significa sensual e *wicked* (indecente) significa excelente. Se você avançasse cem anos no futuro, ficaria perplexo com o modo de falar de seus bisnetos, porque a língua é um reflexo dinâmico da inventividade humana.

***

Como vimos, entortar é transformar um protótipo existente, abrir um leque de possibilidades alterando tamanho, forma, material, velocidade, cronologia e outros aspectos. Em decorrência de nossas incessantes

manipulações neurais, a cultura humana incorpora uma quantidade cada vez maior de variações sobre temas que são transmitidos de geração em geração.

Mas vamos supor que você queira desmontar um tema e fragmentá-lo em seus componentes. Para isso, recorremos a uma segunda técnica do cérebro.

CAPÍTULO 4

QUEBRAR

Quebrar é tomar algo inteiro — como o corpo humano —, dividi-lo em partes e fazer surgir algo novo a partir da reunião dos fragmentos.

Cabeças flutuantes*, de Sophie Cave;* Torso da sombra*, de Auguste Rodin; e* Irreconhecidos*, de Magdalena Abakanowicz*

Para criar seu *Obelisco quebrado*, Barnett Newman partiu o obelisco ao meio e virou-o de cabeça para baixo.

De forma similar, os cubistas Georges Braque e Pablo Picasso quebraram o plano visual num quebra-cabeça de ângulos e perspectivas. Em sua grande tela *Guernica*, Picasso usou essa quebra para ilustrar os horrores da guerra. Pedaços de civis, animais e soldados — um torso, uma perna, uma cabeça, tudo desconjuntado sem nenhuma figura completa — criam uma representação crua da violência e do sofrimento.

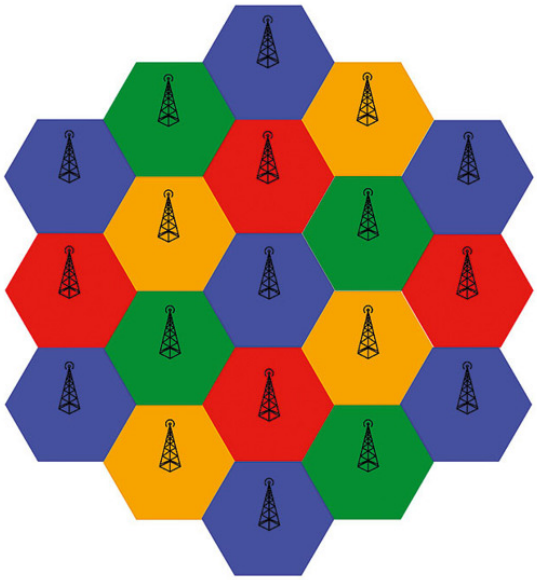
Natureza-morta com violino e jarro*, de Georges Braque, e* Guernica*, de Pablo Picasso*

A estratégia cognitiva que possibilitou as obras de Newman, Braque e Picasso serviu também para tornar os aeroportos mais seguros. Em 30 de julho de 1971, um 747 da Pan Am foi redirecionado para uma pista mais curta quando se preparava para decolar do aeroporto de São Francisco. A nova pista exigia um ângulo de ascensão maior, mas infelizmente os pilotos não fizeram os ajustes necessários: ao decolar, o avião subiu muito pouco e bateu em uma torre de iluminação. Na época, as torres e cercas dos aeroportos eram pesadas e rígidas para suportar ventos fortes, então a torre de iluminação funcionou como uma gigantesca espada, cortando o avião. Uma asa ficou amassada, parte do trem de pouso foi arrancada e um pedaço da torre varou a cabine principal. Soltando fumaça, o avião continuou sobrevoando o oceano Pacífico durante quase duas horas para gastar combustível antes de retornar para um pouso de emergência. Assim que tocou o solo, seus pneus estouraram e a aeronave saiu da pista. Vinte e sete passageiros ficaram feridos.

Depois desse acidente, a Administração Federal de Aviação americana determinou novas medidas de segurança. Engenheiros foram encarregados de impedir que aquilo se repetisse e suas redes neurais conceberam diversas estratégias. Hoje em dia, quando o avião está taxiando para a decolagem, temos a impressão de que as torres de iluminação e de rádio são feitas de metal resistente — mas não são. Elas são frangíveis, projetadas para quebrar-se em pedaços menores que não danificariam o avião. O cérebro do engenheiro viu uma torre rígida e imaginou uma versão dela capaz de se desmanchar.

Torre frangível*, da Ercon*

Quebrar uma área contínua revolucionou a comunicação. Os primeiros sistemas de telefonia móvel funcionavam como a televisão e o rádio: em determinada área, apenas uma torre transmitia em todas as direções, cobrindo um território amplo. A recepção era ótima, mas enquanto inúmeras pessoas podiam assistir à televisão ao mesmo tempo, apenas umas poucas dezenas podiam fazer ligações simultâneas. Mais do que isso sobrecarregava o sistema. Se você discasse um número nas horas mais movimentadas do dia, provavelmente ouviria o sinal de ocupado. Os engenheiros da Bell Labs perceberam que o modelo da TV não estava funcionando para a telefonia móvel e deram um passo inovador: dividiram uma única área de cobertura em pequenas "células", cada qual com sua torre.[1] Assim nasceu o celular moderno.



As cores representam as diversas frequências de emissão

A grande vantagem desse sistema é permitir que a mesma frequência de emissão seja usada em diferentes áreas, de modo que mais pessoas possam fazer ligações ao mesmo tempo. Numa pintura cubista, a divisão de uma área contínua em partes é visível. No caso dos telefones celulares, a ideia permanece oculta. Só percebemos que a ligação não cai.

O poeta e.e. cummings quebrou palavras e sintaxe para criar sua poesia de versos livres. No poema "dim", quase todas as palavras estão separadas em diferentes linhas.

gig

a
nt
esc
o parque está o
co(todos long
e e aqui 1 pomb
o só eu o o
uço:é paulistan
o)o
utono &
a ch
u
va
a

chuvaachu[2]

Uma quebra similar foi usada em laboratório pelo bioquímico Frederick Sanger na década de 1950. Os cientistas estavam ansiosos para descobrir a sequência de aminoácidos que constituía a molécula de insulina, mas a molécula era tão grande que inviabilizava a tarefa. A solução encontrada por Sanger foi cortar a molécula de insulina em pedaços e sequenciar os segmentos menores. Graças ao método "quebra-cabeça" de Sanger, as unidades da molécula de insulina foram finalmente sequenciadas. Por esse trabalho, ele ganhou o Prêmio Nobel em 1958. Sua técnica continua sendo usada para descobrir a estrutura de proteínas.

Mas esse foi só o começo. Sanger descobriu um método de quebrar o DNA que permitia controlar com exatidão como e quando suas fitas eram partidas. O objetivo era o mesmo: separar as fitas longas em partes menores com as quais pudesse trabalhar. A simplicidade do método acelerou muito o processo de sequenciamento genético e possibilitou o Projeto Genoma Humano, assim como a análise de centenas de organismos. Em 1980, Sanger ganhou outro Prêmio Nobel por esse trabalho.

Quebrando as linhas do texto com criatividade, e.e. cummings criou uma nova forma de usar a linguagem; quebrando fitas de DNA, Sanger criou uma nova maneira de ler o código genético da natureza.

O processo neural de quebra também está na base de nossa experiência com os filmes. Nos primórdios do cinema, as cenas se desenrolavam em tempo real, exatamente como na vida. Cada ação era mostrada numa tomada contínua. A edição se resumia a cortes de uma cena para outra. Um homem apressado dizia ao telefone: "Estarei aí em um instante." Punha o fone no gancho, procurava suas chaves, saía pela porta. Percorria o corredor. Descia a escada. Saía do edifício, caminhava pela calçada, chegava ao café, entrava e se sentava para seu encontro.

Pioneiros como Edwin Porter começaram a ligar as cenas com mais agilidade, cortando o começo e o fim. O homem dizia "Estarei aí em um instante", e a cena cortava para ele sentado no café. O tempo tinha sido quebrado, e o público nem pensou nisso. Com a evolução do cinema, os cineastas avançaram ainda mais em direção à compressão da narrativa. No filme *Cidadão Kane*, a cena do café da manhã tem saltos de anos entre uma tomada e a seguinte. Vemos Kane e sua mulher envelhecendo e o

casamento passando de palavras ternas a olhares silenciosos. Diretores criaram montagens em que uma longa viagem de trem ou a ascensão ao estrelato de uma mocinha ingênua se resumem a poucos segundos de filme. Os estúdios de Hollywood contrataram especialistas em montagem cujo trabalho se resumia a editar essas sequências. Em *Rocky IV*, montagens dos treinos do boxeador Rocky Balboa e de seu oponente Ivan Drago consomem um terço do filme. O tempo no cinema já não passava como na vida real. Quebrar o fluxo do tempo tinha se tornado parte da linguagem cinematográfica.

Quebrar a ação contínua também levou a uma grande inovação na televisão. Nos Estados Unidos, em 1963, um jogo de futebol americano entre o Exército e a Marinha foi transmitido ao vivo. Na época, o equipamento de videoteipe era de difícil controle e a rebobinagem da fita, pouco precisa. O diretor de transmissão do jogo, Tony Verna, criou uma maneira de inserir marcadores sonoros na fita, que podiam ser ouvidos dentro do estúdio, mas não no ar. Com isso, ele conseguiu marcar de forma invisível o começo de cada jogada. Foram necessárias dezenas de tentativas antes de conseguir que o equipamento funcionasse corretamente, mas por fim, no quarto tempo, depois de um ponto decisivo marcado pelo Exército, Verna rebobinou a fita até o momento certo, e assim o público reviu a jogada na televisão. Ele quebrou o fluxo temporal e inventou o replay instantâneo. Como isso nunca tinha acontecido, o narrador do jogo precisou explicar: “Senhoras e senhores, isso não está ao vivo! O Exército não marcou de novo!”

Os primórdios do cinema, caracterizados pelas tomadas longas, assemelham-se aos primórdios da informática, em que um computador de grande porte só conseguia processar um problema por vez. Cada usuário precisava criar cartões perfurados, entrar na fila e, quando chegasse sua vez, entregar os cartões a um técnico. Depois, precisava esperar algumas horas para que os números fossem processados antes de pegar os resultados.

Um cientista da computação do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) chamado John McCarthy teve a ideia de tempo compartilhado: e se, em vez de processar um algoritmo por vez, o computador pudesse passar de uma tarefa a outra, como os cortes entre diferentes tomadas num filme? Em vez de esperar na fila, vários usuários poderiam trabalhar no computador ao mesmo tempo. Cada um deles teria

a impressão de receber atenção exclusiva do computador, quando, na verdade, a máquina estaria alternando entre todos eles. Não haveria mais fila de espera; cada usuário se poria diante de um terminal e acreditaria ter uma interação exclusiva com o computador.

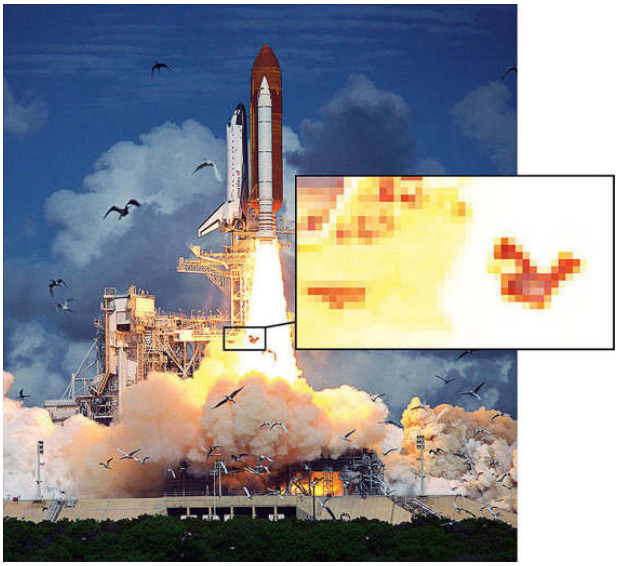
A evolução da válvula para o transistor proporcionou um avanço para a ideia de McCarthy, assim como o desenvolvimento de linguagens de computador mais acessíveis. Mas dividir as operações de um computador em microssegmentos ainda representava uma dificuldade mecânica. A primeira demonstração de McCarthy não deu certo: diante de uma plateia de clientes potenciais, seu computador ficou sem memória e começou a exibir mensagens de erro.[3] Felizmente, os problemas técnicos logo foram superados, e poucos anos depois os operadores de computador estavam em terminais individuais "conversando" em tempo real com o aparelho. Com a quebra invisível do processo digital, McCarthy deu início a uma revolução na interface homem-máquina. Atualmente, quando recebemos informações sobre o trânsito pelo celular, nosso aparelho se vale da capacidade de processamento de numerosos servidores, cada um deles se alternando rapidamente entre milhões de usuários — a ideia de McCarthy transportada para a nuvem.

Tal como o tempo, o cérebro consegue quebrar em fragmentos o mundo que vemos. David Hockney criou sua fotocolagem *Palavras cruzadas* com peças que se sobrepõem e colidem.

No pontilhismo, as cenas são pintadas com pontos menores e mais numerosos.

Un dimanche après-midi à l'île de la Grande Jatte*, de Georges Seurat*

Nas imagens digitais, normalmente os pixels são tão pequenos que não podem ser vistos. Essa fratura invisível é a inovação que dá origem a todo o universo digital.



A ideia de pixelagem — quebrar um todo em partes minúsculas — tem uma longa história. Quando colocamos alguém em cópia num e-mail (cc), estamos empregando um esqueumorfo da era analógica: cópia a carbono

(*carbon copy*). No século XIX e no começo do seguinte, para duplicar um documento, punha-se uma folha de papel-carbono azul ou preto entre duas folhas de papel em branco. Com isso, o que era escrito a mão ou datilografado na folha de cima era transferido pelo pigmento do carbono para a folha de baixo, criando-se assim uma cópia. Mas o uso de papel-carbono era complicado, já que era difícil manipulá-lo sem se sujar. Na década de 1950, os inventores Barrett Green e Lowell Schleicher criaram uma solução para esse problema. Eles quebraram o conceito de página em centenas de áreas menores e inventaram a técnica do microencapsulamento. Assim, à medida que se escrevia na página de cima, cápsulas individuais de tinta explodiam, tingindo de azul a página de baixo.[4] Embora o procedimento ainda fosse chamado de "cópia a carbono", Green e Schleicher tinham criado uma alternativa mais prática ao papel-carbono: a tinta fluiria nos pontos pressionados pelo lápis ou pela tecla. Décadas depois, a fotocópia selou o fim do papel-carbono, mas a técnica do microencapsulamento de Green e Schleicher continua viva em medicamentos de liberação prolongada e em telas de cristal líquido. O descongestionante Contact, da década de 1960, por exemplo, era produzido em cápsulas de gelatina que continham seis ou mais "minúsculas pílulas de tempo" que eram digeridas em momentos diversos. De forma análoga, em vez de uma placa de vidro sólida, as telas de LCD atuais são compostas de milhões de cristais microscópicos densamente posicionados. Coisas que antes eram tidas como inteiras e indivisíveis passaram a ser quebradas em partes menores.

A quebra nos parece tão natural que dificilmente notamos quanto ela está presente naquilo que dizemos ou escrevemos. Cortamos palavras para agilizar a conversa, abreviando "fotografia", por exemplo, para "foto" e "pneumático" para "pneu".[5] Eliminamos letras e até locuções para criar acrônimos como FBI, EUA e ONU. Tuitamos *pq* em vez de por que, *vc* em vez de você, *bj* em vez de beijo.

Nossa facilidade com esse tipo de abreviaturas demonstra quanto o cérebro gosta de compressão: somos bons em despedaçar coisas, conservando só as partes mais importantes e mantendo o entendimento. É por isso que a língua é cheia de sinédoques, em que a parte representa um todo maior. Quando o poeta Christopher Marlowe escreveu sobre "o rosto que lançou mil navios ao mar" estava se referindo, claro, a Helena de Troia, inteira, não somente a sua face — mas é possível reduzi-la a um

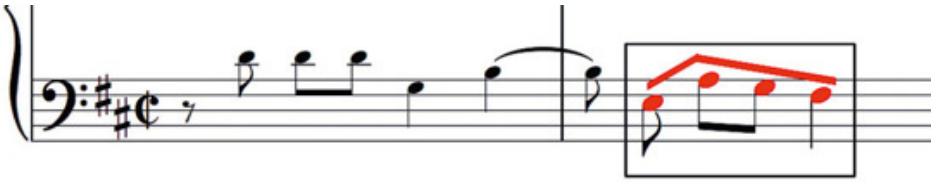
fragmento sem comprometer o significado. É por isso que falamos de pessoas a alimentar como “bocas”, de bois e vacas como “cabeças” de gado e de pedir “a mão” de alguém em casamento. Em inglês, a expressão *suit* (terno) designa homens de negócios, enquanto *gray beard*s (barbas grisalhas) indica executivos mais velhos.

Esse tipo de compressão é característico do pensamento humano em geral. As esculturas da cidade portuária de Marselha, na França, são analogias visuais da sinédoque.

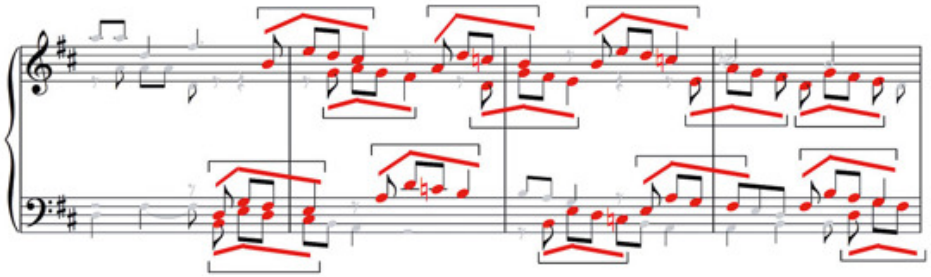
Os viajantes*, de Bruno Catalano*

Quando o cérebro tem a revelação de que o todo pode ser quebrado em partes, novas propriedades surgem. A arquitetura dinâmica de David Fisher divide a estrutura normalmente inteiriça de um edifício. Motores semelhantes aos que existem em restaurantes giratórios fazem com que cada andar se mova de forma independente. O resultado é um edifício que se metamorfoseia. Os andares podem ser coreografados individualmente ou em conjunto, acrescentando uma fachada sempre em mudança à paisagem urbana. Graças a nosso talento neural para quebrar coisas, peças que formavam um todo unificado podem ser descoladas.

Uma das grandes inovações da música clássica foi quebrar as frases musicais em pedaços menores. Tomemos como exemplo a fuga em ré maior do *Cravo bem temperado* de Johann Sebastian Bach. O tema principal é o seguinte:

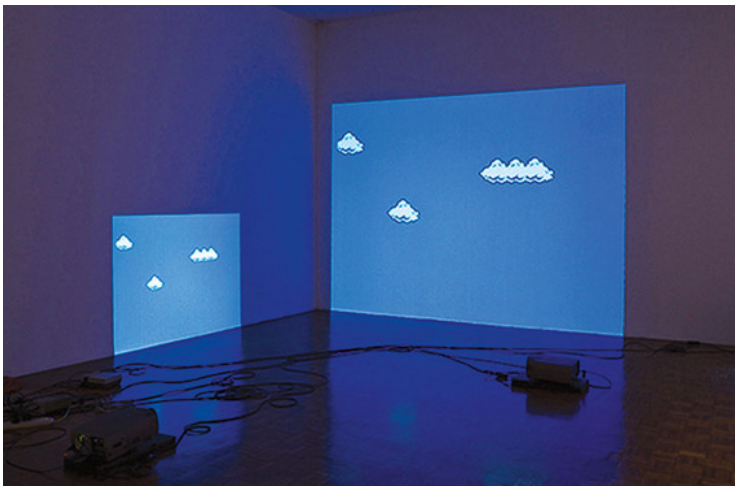


Não se preocupe se você não souber ler partitura. O que nos interessa aqui é que, mais adiante, Bach divide seu tema em dois: descarta a primeira metade e se concentra apenas nas quatro notas finais destacadas em vermelho. Na passagem a seguir, versões sobrepostas desse fim aparecem treze vezes, produzindo um mosaico rápido e belo com os fragmentos.

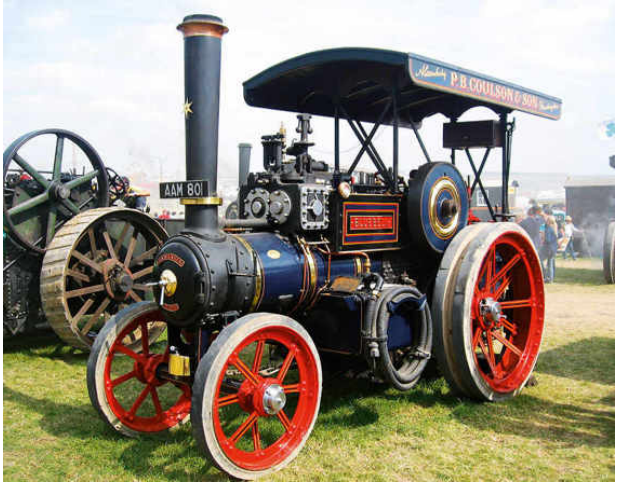


Esse tipo de quebra deu a compositores como Bach uma flexibilidade que não se encontra em músicas populares como canções de ninar e baladas. Em vez de repetir várias vezes o tema completo, despedaçá-lo permitiu que Bach escrevesse em rápida sucessão uma multiplicidade de fragmentos do tema, criando algo parecido com as montagens cinematográficas de *Cidadão Kane* e *Rocky IV*. Dada a força dessa inovação, grande parte da obra de Bach apresentava temas que depois eram separados.

Com frequência, a revelação de que um todo pode ser dividido permite que algumas partes sejam descartadas. Para sua instalação *Super Mario Clouds*, o artista plástico Cory Arcangel hackeou o jogo de computador *Super Mario Brothers* e retirou tudo dele, com exceção das nuvens. Depois, projetou o que havia sobrado em telões. Os visitantes circulavam pela mostra observando animações de nuvens ampliadas flutuando tranquilamente na tela.



A técnica cerebral de omitir algumas partes e manter outras costuma levar a inovações tecnológicas. No fim do século XIX, os agricultores tiveram a ideia de substituir os cavalos por um motor a vapor. Mas os primeiros tratores não deram muito certo: eram essencialmente locomotivas de rua, e a maquinaria era tão pesada que comprimia o solo e estragava o cultivo. Mudar do vapor para o gás ajudou, mas os tratores continuavam desajeitados e difíceis de operar.



Trator a vapor do século XIX

Parecia que o arado mecânico nunca ia funcionar. Foi então que Harry Ferguson teve uma ideia: eliminar a estrutura e a carroceria e acrescentar um assento no próprio motor. Seu Trator Preto ficou leve e muito mais eficiente. Conservando uma parte da estrutura e dispensando o resto, as sementes do trator moderno foram plantadas.[6]

Quase cem anos depois, quebrar coisas e retirar partes mudou a maneira de compartilhar música. Em 1982, um professor universitário alemão tentou patentear um sistema de música sob demanda em que as pessoas podiam pedir músicas pela linha telefônica. Mas como os arquivos de áudio eram muito pesados, o instituto de patentes da Alemanha se negou a aprovar algo que lhe parecia impossível. O professor então pediu a um jovem universitário chamado Karlheinz Brandenburg que se dedicasse à compactação dos arquivos.[7] Os primeiros esquemas de compactação funcionavam para falas, mas eram do tipo "tamanho único": tratavam todos os arquivos da mesma forma. Brandenburg criou um modelo adaptável que respondia com flexibilidade à fonte do som, o que lhe permitiu criar esquemas de compressão adequados à natureza da audição humana. Brandenburg sabia que o cérebro tem audição seletiva: por exemplo, sons mais fortes mascaram os mais fracos e sons de baixa frequência mascaram os de alta frequência. Com esse conhecimento, ele pôde apagar ou reduzir as frequências não ouvidas sem perda de qualidade. O maior desafio que Brandenburg enfrentou foi uma gravação solo da música "Tom's Diner" por Suzanne Vega: uma voz feminina cantando desacompanhada e cantarolando exigiu centenas de tentativas até que

fosse reproduzida fielmente. Depois de anos de aperfeiçoamentos, Brandenburg e seus colegas finalmente conseguiram encontrar o equilíbrio perfeito entre arquivos pequenos e alta-fidelidade. Oferecendo ao ouvido apenas o que ele precisava ouvir, o espaço para armazenamento de áudio foi reduzido em até 90%.

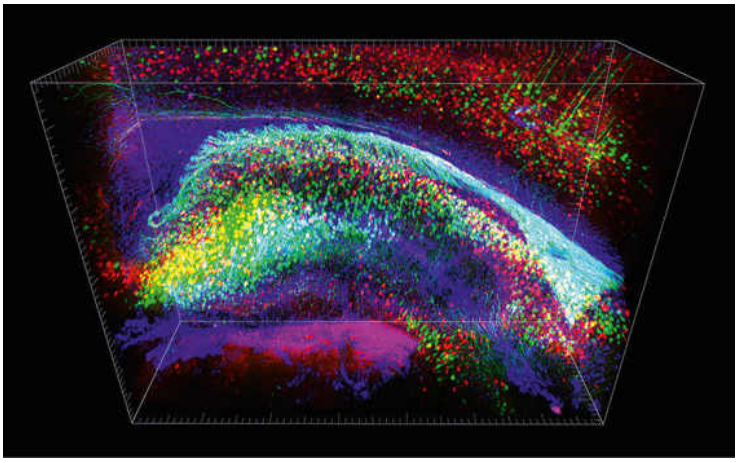
De início, Brandenburg teve dúvidas de que sua fórmula teria alguma utilidade prática. Mas em poucos anos nasceu a música digital, e espremer toda a música possível no iPod tornou-se uma necessidade. Quebrando dados acústicos ao descartar frequências desnecessárias com flexibilidade, Brandenburg e seus colegas inventaram o sistema MP3 de compressão, que está por trás da maior parte da música compartilhada pela internet. Poucos anos depois de ser cunhado, o termo "MP3" ultrapassou "sexo" como o mais buscado na internet.[8]

Com frequência descobrimos que precisamos reter menos informação do que pensávamos. Foi o que aconteceu quando Manuela Veloso e sua equipe da Universidade Carnegie Mellon criaram o CoBot, um auxiliar robótico que percorre os corredores de um edifício executando tarefas. A equipe dotou o CoBot de sensores para renderizar em 3-D e em detalhes o espaço a sua frente. Mas tentar processar tantos dados em tempo real estava sobrecarregando os processadores do robô, e muitas vezes ele ficava paralisado. Então a dra. Veloso e sua equipe perceberam que o CoBot não precisava analisar a área inteira para localizar uma parede; precisava apenas identificar três pontos da mesma superfície plana. Assim, embora os sensores capturem uma grande quantidade de dados, seu algoritmo aproveita apenas uma pequena fração deles, usando menos de 10% da capacidade de processamento do computador. Quando o algoritmo identifica três pontos no mesmo plano, o CoBot sabe que está diante de uma barreira. Assim como o MP3 tirou proveito do fato de que o cérebro humano não presta atenção em tudo o que ouve, o CoBot não precisa "ver" tudo o que seus sensores captam. Sua visão é esquemática, mas suficiente para que ele não se choque com obstáculos.

Num campo aberto, o CoBot ficaria sem ação, mas sua visão rudimentar é perfeitamente adaptada a um edifício. A intrépida máquina já acompanhou centenas de visitantes ao gabinete da dra. Veloso, graças à quebra da cena em suas partes constituintes — como o rosto de Helena se torna a parte da anatomia que lançou os navios.

A técnica de quebrar e descartar partes possibilitou novas maneiras de estudar o cérebro. Durante muito tempo, ao observar o tecido cerebral, os neurocientistas se frustravam com a existência de circuitos cheios de detalhes — inseridos tão profundamente no cérebro que era impossível vê-los. Em geral, os cientistas resolvem esse problema cortando o cérebro em fatias finas — o que é uma forma de quebra — e criando uma imagem de cada fatia antes de remontar o cérebro inteiro numa simulação digital trabalhosa. No entanto, como muitas das conexões neurais são danificadas no processo de fatiamento, o modelo de computador é, no melhor dos casos, aproximado.

Os neurocientistas Karl Deisseroth e Kwanghun Chung, junto com sua equipe, encontraram uma solução alternativa. Moléculas de gordura chamadas lipídios ajudam a manter a integridade do cérebro, mas também difundem a luz. Os pesquisadores inventaram um modo de eliminar os lipídios do cérebro de um rato mantendo sua estrutura cerebral intacta. Sem os lipídios, a massa cinzenta do rato tornou-se transparente. Como na instalação de Arcangel com as nuvens do *Super Mario Brothers*, o método CLARITY retira partes do original sem preencher as lacunas que ficam — nesse caso, as lacunas permitem que grandes populações de neurônios sejam estudadas de uma forma antes impossível.[9]



Hipocampo cerebral de um rato visto com o método CLARITY

A quebra nos permite fraturar algo sólido ou contínuo em pedaços mais fáceis de manipular. Nosso cérebro divide o mundo em unidades que podem ser reconstruídas e remodeladas.

Quebrar, da mesma forma que entortar, pode ocorrer com uma única fonte: você pode pixelar uma imagem ou girar os andares de um edifício. Mas o que acontece quando se usa mais de uma fonte? Muitos avanços criativos resultam de combinações surpreendentes — seja sushi-pizza, casas flutuantes, bares-lavanderias ou a descrição da poetisa Marianne Moore para a "feroz cabeça de crisântemo" de um leão.[10] Para isso, empregamos a terceira das principais técnicas cerebrais da criatividade.

CAPÍTULO 5

MESCLAR

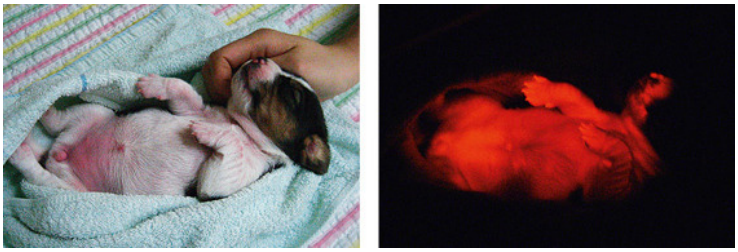
Na mesclagem, o cérebro combina duas ou mais fontes de maneiras inovadoras. No mundo inteiro e em todas as épocas, representações de seres humanos e animais foram misturadas para formar criaturas míticas. Na Grécia antiga, o homem e o touro se combinaram para formar o Minotauro. Para os egípcios, um homem mais um leão resultaram na Esfinge. Na África, a mistura de mulher com peixe resultou na *mami wata* — uma sereia. Qual a mágica que ocorria no cérebro para gerar essas quimeras? Uma nova fusão de velhos conceitos.

O cérebro também mesclou animal com animal: o pégaso grego era um cavalo alado; o *gajasimha* do Sudeste Asiático era meio elefante, meio leão; na heráldica inglesa, o *allocamelus* era parte camelo, parte asno. Assim como mitologia antiga, nossos super-heróis modernos são muitas vezes mesclagens quiméricas: Batman, Homem-Aranha, Homem-Formiga, Wolverine.

O mesmo acontece na ciência. O professor de genética Randy Lewis sabia que a seda da teia de aranha tinha grande potencial comercial: ela é várias vezes mais forte que o aço.[1] Se essa seda fosse produzida em massa, seria possível tecer coletes à prova de bala ultraleves, por exemplo. Mas é

difícil criar aranhas — quando confinadas em grande número, elas se tornam canibais e devoram umas às outras. Além disso, coletar as teias de aranha é uma tarefa árdua: foram necessárias 82 pessoas trabalhando com um milhão de aranhas durante vários anos para extrair seda suficiente para 44 metros quadrados de tecido.[2] Então Lewis teve uma ideia inovadora: misturar o DNA responsável pela produção da seda ao de uma cabra. Resultado: Freckles, a cabra-aranha. Freckles parece uma cabra, mas secreta seda de aranha em seu leite. Lewis e sua equipe a ordenham e, em laboratório, extraem os fios de seda de seu leite.[3]

A engenharia genética abriu caminho para quimeras na vida real, originando não apenas cabras-aranha, mas também bactérias que produzem insulina humana; peixes e porcos que brilham devido a genes de água-viva; e Ruppy, o primeiro cachorro transgênico, que emite um brilho vermelho sob luz ultravioleta graças a um gene extraído da anêmona-do-mar.



Ruppy à luz do dia e no escuro

Nossas redes neurais são especialistas em entrelaçar fios de conhecimento a partir do mundo natural. O artista Joris Laarman usou um software que simula o desenvolvimento do esqueleto humano para construir seus “móveis de osso”. Assim como os esqueletos otimizam a distribuição da massa óssea, os móveis de Laarman têm mais material nos pontos que precisam suportar mais peso.

O engenheiro japonês Eiji Nakatsu viu numa combinação com a natureza a solução para um problema complicado. Na década de 1990, ele estava trabalhando para melhorar os tempos de viagem do trem-bala, mas o design original do trem tinha uma desvantagem: a proa achatada da locomotiva produzia um barulho insuportável ao se deslocar em alta velocidade. Nakatsu era um entusiástico observador de aves e sabia que o bico afilado do martim-pescador lhe permitia mergulhar com pouquíssimo impacto na água. Logo, a solução que ele encontrou para o trem-bala foi dotar a locomotiva de um bico. O nariz da locomotiva reduz o barulho do trem mesmo à velocidade de trezentos quilômetros por hora.

É comum que o cérebro produza combinações exóticas a partir de coisas que já tenha visto. Por exemplo, na videoinstalação abaixo, o tronco

de uma mulher respirando suavemente se mescla a uma pilha de cascalho inanimado.

Meus sonhos, minhas obras terão de esperar até depois do inferno*, de Chitra Ganesh e Simone Leigh*

À primeira vista, a combinação de coisas vivas e inanimadas pode parecer útil apenas para projetos artísticos, mas ela também pode solucionar o problema das rachaduras em estradas e edifícios. Metade das construções do mundo — desde estradas até pontes e arranha-céus — é feita de concreto, um material de construção sabidamente vulnerável aos elementos e difícil de consertar. Para resolver esse problema, os químicos se voltaram para a natureza. Acrescentaram ao concreto uma estirpe específica de bactérias e seu alimento preferido. Enquanto o concreto está intacto, as bactérias permanecem em dormência. Se ele racha, elas se tornam ativas. Consomem a refeição que estava a sua espera, se reproduzem e se espalham, excretando calcita, que repara as rachaduras. Graças a essa combinação singular de microrganismos e materiais de construção, o concreto se regenera.[4]

De modo análogo, nossas redes neurais misturam habilmente o mundo digital ao analógico. Os computadores podem ser superiores a nós em capacidade de processamento, mas algumas habilidades triviais para os seres humanos são muito difíceis para nossos avatares de silício. Uma delas é o reconhecimento de imagens. Identificar um rosto é fácil para uma criança, mas difícil para um computador.

Por quê? Para o computador, uma foto digital não passa de um conjunto de pixels de cores e intensidades diferentes. O computador precisa aprender paradigmas mais complexos para identificar o conteúdo de uma foto, e depende de milhões de exemplos para isso. O problema surgiu no começo da década de 2000, quando gente do mundo inteiro começou a postar bilhões de imagens na internet. O Google queria encontrar uma maneira automática de rotular as imagens, mas, mesmo tentando de tudo, não conseguiu criar algoritmos que funcionassem.

Um acadêmico chamado Luis von Ahn resolveu o problema conectando máquinas e seres humanos. Ele inventou o jogo *ESP*, que funciona assim: duas pessoas de qualquer lugar do mundo entram no jogo. Uma foto é mostrada a elas e é pedido que forneçam palavras que a descrevam. Quando as duas sugerem a mesma palavra para uma imagem (*onça*, por exemplo), o computador interpreta isso como uma confirmação imparcial e rotula a foto com aquela palavra. As duas pessoas podem continuar jogando e sugerir várias palavras para outras imagens, e então as imagens são rotuladas com uma série de termos em comum (por exemplo, *floresta, animal, árvore, descansando*). Os seres humanos fazem a identificação e o computador cuida dos registros. Nem os humanos nem o computador conseguiriam rotular sozinhos milhões de figuras — em parceria, porém, tornaram-se o principal método de catalogação de imagens na internet.[5]

Nossa preferência pela mesclagem também pode ser percebida na mistura do presente com o passado. No filme *De Volta para o Futuro*, Marty McFly volta trinta anos no tempo e sem querer impede que seus

pais se encontrem, pondo em risco o próprio nascimento. No livro *Um ianque na corte do rei Artur*, de Mark Twain, Hank Morgan é transportado de repente para a Idade Média, época em que seus conhecimentos de engenharia são considerados bruxaria. No conto "O som do trovão", de Ray Bradbury, um caçador volta ao período Jurássico — muito antes que os seres humanos vagassem pelo planeta — e sem querer pisa numa borboleta, modificando todo o futuro. As diferenças entre as épocas se misturam em nossa imaginação.

A tendência cerebral para a mesclagem de conceitos se reflete na comunicação. As línguas têm muitas palavras mescladas: o português, por exemplo, vale-se de substantivos compostos como *saia-calça, couve-flor, cata-vento*; de locuções substantivas como *juiz de futebol, advogado de porta de cadeia, farelo de aveia*; e de gírias como *papagaio de pirata, abotoar o paletó, comer mosca*.[6]

As metáforas surgem de nossa predileção pela mesclagem. T.S. Eliot escreveu "E vem a noite que se espalha pelo céu/ Parece um doente anestesiado sobre a mesa"* porque suas redes neurais combinaram um fenômeno natural a um acontecimento num hospital. Em sua "Carta de uma prisão em Birmingham", Martin Luther King Jr. mesclou termos de música, geologia e meteorologia para defender um novo tipo de sociedade:

> Agora é a hora de tornar real a promessa de democracia e de transformar nossa iminente elegia nacional num criativo salmo da fraternidade. Agora é hora de elevar nossa política nacional das areias movediças da injustiça racial à terra firme da dignidade humana [...] Esperemos que as nuvens negras do preconceito racial desapareçam logo e que a densa neblina da incompreensão se dissipe de nossas comunidades amedrontadas, e que em algum amanhã não muito distante as estrelas brilhantes do amor e da fraternidade brilhem sobre nosso grande país com toda a sua beleza cintilante.[7]

As línguas crioulas se formam a partir da mesclagem de outras línguas. Recentemente, linguistas estudaram a invenção de uma nova língua crioula por crianças. Num remoto vilarejo da Austrália, os mais velhos normalmente falam três línguas: warlpiri (sua língua indígena), kriol

(língua crioula baseada no inglês) e inglês. Os pais falam com as crianças pequenas usando uma linguagem infantil que alterna livremente os três idiomas. As crianças aprenderam como língua materna a mesclagem feita pelos pais, e construíram sua própria sintaxe. O resultado é o warlpiri leve, uma nova língua com inovações que não pertencem a nenhuma das três que lhe deram origem. Por exemplo, a palavra *you'm* se refere a uma pessoa no presente e no passado, mas não no futuro — algo que não existe na fala de seus pais. Conforme o cérebro das crianças reconstrói as matérias-primas de sua experiência, a língua dos aldeães continua evoluindo: as línguas tradicionais estão sendo aos poucos substituídas pela versão mesclada.[8]

É comum o cérebro humano mesclar muitas fontes de uma vez só. Na Idade Média, compositores europeus criavam peças vocais em que textos diferentes eram cantados ao mesmo tempo. Misturavam-se até línguas diferentes. Uma conhecida peça musical combina um Kyrie latino a dois textos seculares franceses. A primeira parte vocal é um hino sacro, a segunda exalta "o amor verdadeiro no mês de maio" e a terceira adverte os bígamos a "se queixarem de si mesmos e não do papa". Quinhentos anos depois, a fusão musical continua viva no hip-hop — em que letras, melodias, ganchos e *riffs* de outras músicas são reutilizados ou mesclados para criar uma música nova. Por exemplo, o hit de Dr. Dre "Let Me Ride", em 1992, valeu-se da percussão de James Brown, dos vocais da banda Parliament e dos efeitos sonoros de King Tee.[9] Um simples *riff* pode permear a cultura musical: um solo de bateria da banda The Winstons na década de 1960 foi aproveitado em mais de mil músicas, de artistas desde Amy Winehouse a Jay Z.[10]

Muitas vezes, uma mesclagem executada nos bastidores propicia saltos tecnológicos. Normalmente, cada fotografia resulta da escolha de uma abertura específica da lente, que permite a entrada de determinada quantidade de luz. Por conta disso, algumas partes do objeto ficam subexpostas e outras, superexpostas. Se você fotografar uma pessoa diante de uma janela, a luz intensa que vem de fora fará a pessoa sair escura. O método HDR (*high dynamic range*, ou grande alcance dinâmico) permite que todas as partes da foto tenham o contraste adequado. Funciona assim: a câmera digital captura uma rápida série de imagens da mesma cena, mas com diferentes aberturas, permitindo a entrada de diferentes quantidades de luz. É obtida uma série de fotos que vão desde as subexpostas até as

superexpostas. Um software combina todas elas para ajustar o contraste de cada parte — ou seja, o grau de distinção entre objetos próximos. A imagem final é construída a partir de fotos diferentes, e muitas vezes é descrita como sendo mais realista que a realidade — graças a uma mescla invisível de diferentes exposições.

Um grande volume de dados pode levar a uma grande mesclagem. Quando se digita um parágrafo no Google Tradutor, o computador não tenta entender o texto. Ele compara o que foi escrito com uma enorme base de dados de traduções humanas e faz uma busca — palavra por palavra e frase a frase — até encontrar a tradução mais próxima. Por isso, o software não precisa de dicionário: a tradução se torna uma questão estatística. Indiferente ao significado, ele trata o texto como uma colcha de retalhos daquilo que já foi escrito por outras pessoas. Na polifonia renascentista, a mesclagem de fontes podia ser ouvida; no Google Tradutor, ela ocorre nos bastidores.

Às vezes a superposição de duas fontes é óbvia, mas outras vezes é difícil discernir cada uma: elas podem se misturar a ponto de tornar difícil sua separação. Como exemplo de mesclagens evidentes, considere o modo como o cérebro de I.M. Pei “casou” uma pirâmide egípcia com o pátio do

Louvre, ou como as redes neurais de Frida Kahlo fundiram seu rosto ao corpo de um cervo ferido.

Como exemplo de fontes um pouco mais misturadas, veja a projeção de rostos humanos em árvores, de Craig Walsh, ou o Blur Building, de Elizabeth Diller e Ricardo Scofidio, que é meio edifício, meio nuvem, com milhares de jatos d'água formando paredes de vapor.

O mesmo grau de mesclagem pode ser encontrado nas praias do Brasil. Juntando futebol e vôlei, nasceu o popular futevôlei, que se joga com uma bola de futebol numa quadra de areia. Como no futebol, os jogadores podem tocar na bola com qualquer parte do corpo, menos as mãos; como no vôlei, as duas equipes jogam a bola por cima da rede até que ela acerte

o chão num dos lados, o que conta um ponto para os oponentes. A cortada do vôlei é substituída por uma jogada chamada ataque do tubarão, na qual um jogador levanta a perna o suficiente para chutar a bola com força por cima da rede.

No ponto mais extremo do espectro da mistura, é difícil identificar as fontes. Por exemplo, não é fácil perceber que o quadro *0 a 9*, de Jasper Johns, contém esses algarismos sobrepostos.

Esse tipo de mistura completa levou a um grande avanço na civilização humana. Há pouco menos de dez mil anos, colonos mesopotâmicos começaram a minerar o cobre. Milhares de anos depois, seus descendentes também passaram a extrair estanho. Nenhum desses dois metais se destaca por sua dureza, mas quando misturados formam uma liga mais dura que o ferro fundido: o bronze. O primeiro indício dessa fusão intencional data de aproximadamente 2500 a.C. Objetos de bronze desse período apresentam uma concentração de estanho maior do que ocorre naturalmente no minério de cobre. Teve início a Idade do Bronze: a mistura obtida a partir de cobre e estanho tornou-se o material preferido para a produção de armas e armaduras, assim como de moedas, esculturas e utensílios. O bronze é uma liga que oculta sua ascendência: seria difícil deduzir que a combinação de dois metais moles resultaria nessa liga dourada e durável.[11]

Assim como o bronze, compostos, tinturas, poções e elixires foram criados a partir da mistura completa de fontes. Em 1920, um criador de perfumes chamado Ernest Beaux misturou, pela primeira vez, dezenas de essências naturais — entre elas, rosa, jasmim, bergamota, limão, baunilha e sândalo — com aromas sintéticos chamados aldeídos. Enfileirou frascos

numerados contendo diferentes receitas e pediu a sua chefe, Coco, que escolhesse o seu preferido. Ela testou todos os frascos e escolheu o quinto — assim nasceu o perfume mais famoso do mundo, o Chanel Nº 5.

O cérebro está sempre circulando pelo nosso depósito de experiências, e muitas vezes junta ideias bastante distantes. Quando os Estados Unidos entraram na Segunda Guerra Mundial, o ilustrador Norman Rockwell se inspirou na indústria moderna, na participação cada vez maior das mulheres na força de trabalho e na pintura do profeta Isaías, de Michelangelo, para criar um novo personagem: Rosie the Riveter [Rosie, a rebitadeira].

Como escreveu o cientista cognitivo Mark Turner: "O pensamento humano se estende por vastos domínios de tempo, espaço, causalidade e ação [...] O pensamento humano é capaz de percorrer todas essas coisas, ver ligações entre elas e mesclá-las."[12]

Em muitos casos não sabemos que a mesclagem está ocorrendo nos bastidores, mas a convergência de conhecimentos gera novas tecnologias o tempo todo. Por exemplo, a análise de microfluidos é a base dos métodos de diagnóstico: uma amostra de sangue é separada em pequenos canais num prato projetado em especial para esse fim. Em cada canal o sangue é testado para uma patologia diferente. Infelizmente, o processo de fabricação do equipamento é dispendioso e demorado, e não está ao alcance de países em desenvolvimento. Em busca de uma alternativa acessível, a engenheira biomédica Michelle Khine e sua equipe

encontraram uma solução surpreendente: o brinquedo Shrinky Dink, que consiste em folhas de plástico preaquecidas e esticadas até um tamanho adequado para uma criança desenhar. Reaquecida, a folha encolhe e volta ao tamanho normal, transformando a obra de arte da criança numa miniatura. Usando uma impressora a jato de tinta e uma torradeira, a equipe de Khine descobriu que podia fazer canais nas folhas do Shrinky Dink, aquecer o plástico e encolhê-lo, transformando-o, assim, num prato para microfluidos funcional. Em poucos minutos e ao custo de alguns centavos por folha, o grupo criou um novo método para os exames de sangue a partir de um brinquedo.

Na época em que trabalhava na Teoria da Relatividade Geral, Albert Einstein pensou no que aconteceria se soltasse uma bola dentro de um elevador. Se o elevador estivesse localizado na Terra, a gravidade faria com que a bola caísse no chão. Mas e se o elevador estivesse no espaço, em condições de gravidade zero, indo para cima? A bola pareceria cair da mesma forma — neste caso, porque o piso estaria subindo. Einstein percebeu que nunca conseguiria distinguir entre os dois cenários: seria impossível saber se a bola caiu por causa da gravidade ou por causa da aceleração. Daí surgiu o Princípio da Equivalência, segundo o qual a gravidade pode ser tratada como um tipo de aceleração. Quando ele mesclou a ideia de elevador com a de espaço, fez uma descoberta inesperada sobre a natureza da realidade.

Ao permitir que diversas linhas de pensamento se combinem de novas maneiras, a mesclagem torna-se um poderoso motor de inovação. No reino animal, a diversidade resulta da mistura sexual, mas esta é sempre limitada a parceiros geneticamente similares que vivem na mesma época. Em contraste, a mente humana individual representa uma enorme selva de lembranças e sensações em que o casamento de ideias é ilimitado.

---

* “When the evening is spread out against the sky/ Like a patient etherized upon a table”, “The Love Song of J. Alfred Prufrock”. (N. da T.)

CAPÍTULO 6

A VIDA NA COLMEIA

Quando reverteram a corrente elétrica da Apollo 13 para recarregar as baterias do módulo de comando, os engenheiros da NASA estavam entortando; Picasso fez o mesmo ao distorcer corpos humanos em *Les Demoiselles d'Avignon*. Quando cortaram pedaços do equipamento, os engenheiros estavam quebrando; assim como Picasso, ao fraturar o plano visual. Quando juntaram papelão, plástico, uma meia e uma mangueira para construir um filtro de ar, os engenheiros mesclaram; Picasso também, ao incorporar máscaras ibéricas e africanas a seu retrato. As matérias-primas que usaram eram diferentes, mas eles inovaram da mesma maneira: entortando, quebrando e mesclando o que já conheciam. Desse modo, eles fizeram história: uns, com um resgate audacioso; outro, com arte inovadora.

Entortar, quebrar e mesclar são ferramentas usadas por nosso cérebro para transformar as experiências em algo novo; são as rotinas básicas no software da invenção. As matérias-primas são provenientes de cada aspecto de nosso envolvimento com o mundo: jogos de palavras, refrões musicais, brinquedos, fotos, ideias inspiradoras e as memórias que acumulamos ao longo da vida. Entrelaçando essas três ações básicas, a mente humana dobra, corta e funde suas experiências em novas formas. Nossa civilização brota nos ramos entrelaçados das derivações, recomposições e recombinações.

Mas há outro aspecto: o cérebro humano está permanentemente gerando um excesso de ideias novas, mas a maior parte delas não se torna popular. Por que tantas ideias criativas não conseguem penetrar o meio social?

Nem todas as ideias criativas encontram eco. Simplesmente entortar, quebrar e mesclar não garante que o público vá gostar do resultado final. O ato criativo é apenas metade do processo: a outra metade é a comunidade onde a criação se insere. Ser novidade não basta, é preciso encontrar ressonância na sociedade. A escritora Joyce Carol Oates diz que escrever romances é um "grande e divertido experimento com palavras submetido a nossos pares para julgamento". E a opinião de nossos pares sobre o experimento depende da cultura em que eles se inserem, porque a valorização da criação pela sociedade depende do que veio antes. Os produtos de nossa imaginação são impulsionados pela história de cada lugar.

Por exemplo, o que você acha criativamente interessante depende do lugar em que você mora. Os dramaturgos franceses do século XVII se atinham às três unidades dramáticas propostas por Aristóteles: uma peça devia ter um enredo principal, ser ambientada num único lugar e transcorrer ao longo de um só dia. Os dramaturgos ingleses da época, como Shakespeare, conheciam essas convenções, mas preferiram ignorá-las — assim, Hamlet vai da Dinamarca para a Inglaterra num ato e volta no ato seguinte, semanas depois. No mesmo período, o Teatro Nô, japonês, não retratava com realismo o espaço e o tempo: dois personagens podiam aparecer lado a lado e mesmo assim não estar em presença um do outro.[1] O que se representava em Londres ou em Tóquio não seria representado em Paris, porque as normas culturais eram muito distintas. Criadores e público são limitados por restrições culturais: uma ideia não se transfere necessariamente de um lugar a outro porque não resulta da assimilação das mesmas fontes culturais.

De forma análoga, franceses e ingleses tiveram ideais paisagísticos diferentes durante séculos. Os jardins franceses dos séculos XVII e XVIII apresentavam um eixo simétrico e um aspecto bem cuidado: eram regidos pelo mesmo rigor arquitetônico que um palácio. Já os jardins ingleses tinham trilhas sinuosas, e neles o verde crescia livremente. Eram projetados para parecer desorganizados. Capability Brown, um dos mais destacados paisagistas ingleses do século XVIII, comparava a jardinagem

à poesia: “Aqui ponho uma vírgula. Ali, onde é preciso interromper a visão, ponho um parêntese. Ali termino com um ponto final e começo com outro tema.”[2] Essa abordagem livre nunca teria sido aceita por seus colegas franceses.

O jardim do palácio de Versalhes, na França, e um jardim inglês projetado por Capability Brown

Numa tendência similar, a Viena dos séculos XVIII e XIX foi um manancial de compositores progressistas: Haydn, Mozart, Beethoven e Schubert viveram e trabalharam na cidade. Em que pese o espírito desbravador, nenhum deles jamais compôs uma partitura que exigisse que os músicos tocassem levemente fora do tom, ou fosse pontuada por demorados silêncios, ou usasse a expiração como recurso expressivo, ou tivesse um ritmo de sobe e desce — sendo que todas essas são características do gagaku, a música da corte imperial japonesa, criada a meio mundo de distância. Por mais imaginativos que fossem esses compositores ocidentais, eles corriam nos canais estreitos de sua própria cultura.

Na época, o balé europeu idealizava movimentos graciosos que não aparentassem esforço: ao saltar, um bailarino devia dar a impressão de estar flutuando, sem que seu rosto deixasse transparecer emoção. Em contraste, a dança indiana permanecia enraizada no chão, com movimentos retorcidos e extenuantes do corpo e acelerados de cabeça, mãos e pés. Mudando rapidamente a expressão facial e a postura, um intérprete indiano podia alternar entre a representação de Shakti, a

criadora, e Shiva, o destruidor, durante a mesma dança — dualidade impensável no balé clássico europeu. Embora se possa imaginar que a criatividade não tem limites, nosso cérebro e suas criações são moldados pelo contexto social.

Não só a arte é limitada pela cultura — mesmo verdades científicas podem ser recebidas de modo diferente, dependendo do lugar. Durante a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos receberam cientistas que fugiram da Alemanha nazista, entre eles, Einstein, Szilard, Teller e outros do pequeno grupo que, depois, acabou criando a primeira bomba atômica e assim pôs fim à guerra. Mas os nazistas tinham saído na frente e contavam com cientistas brilhantes como Werner Heisenberg. Então por que eles não ganharam a corrida nuclear? O meio cultural desempenhou um papel essencial nisso. Quando a reputação de Einstein já estava em ascensão em outros locais, diversos cientistas alemães nacionalistas ainda desprezavam suas teorias, alegando que era "ciência judaica", indigna de ser levada a sério.[3] Entre os detratores de Einstein estava o alemão Philipp Lenard, ganhador de um Prêmio Nobel, para quem as teorias de Einstein "nunca foram pensadas para serem verdadeiras". Lenard afirmava que o propósito subversivo da ciência judaica era confundir e induzir o povo alemão ao erro. Por conta do filtro do preconceito, os nazistas tinham um conceito de verdade científica diferente daquele dos americanos.[4]

Como as teorias, as invenções têm destinos diferentes a depender de onde surgem. Vejamos uma tecnologia de ponta criada simultaneamente em dois lugares durante a Segunda Guerra Mundial. Engenheiros da Bell Labs em Nova Jersey criaram um pequeno dispositivo capaz de amplificar sinais de modo mais eficiente que as grandes válvulas eletrônicas usadas na época. O invento foi chamado de "transistor". Ao mesmo tempo, dois cientistas nazistas, que trabalhavam num laboratório da Westinghouse numa cidadezinha perto de Paris, inventaram um dispositivo quase igual, a que deram o nome de "transitron". A Bell Labs solicitou a patente nos Estados Unidos, e a Westinghouse fez o mesmo na França. De início, parecia que a invenção da empresa com base francesa ia prevalecer, pois os dispositivos criados em seu laboratório eram de melhor qualidade que os dos americanos. Mas em pouco tempo perderam essa vantagem. A ideia não teve acolhida em Paris: as autoridades perderam o interesse no transistor e redirecionaram os recursos para as pesquisas sobre energia nuclear.[5] Enquanto isso, o transistor da Bell Labs foi sendo aperfeiçoado,

tornou-se mais confiável e fácil de produzir e começou a ser usado em rádios portáteis. Passada uma geração, os transistores estavam em todo tipo de dispositivos eletrônicos — e acabaram se tornando a base da revolução digital. Nos Estados Unidos, os inventores conseguiram instrumentalizar o invento que determinaria as décadas seguintes. Do outro lado do Atlântico, o transitron entrou em curto-circuito.

Tão importante quanto *o lugar* onde se vive é *a época* em que se vive. As culturas evoluem; gostos e costumes mudam. Vejamos o *Rei Lear*, de Shakespeare, que termina com o personagem-título de joelhos ante o corpo sem vida de sua amada filha, Cordelia, que tinha sido enforcada. Ele grita: "Por que um cão, um cavalo, um rato podem ter vida e tu já não respiras?" Poucas gerações depois de Shakespeare, Nahum Tate adaptou a peça para que tivesse um final feliz. Isso fez com que ela atendesse aos padrões artísticos e culturais da Restauração na Inglaterra, inclusive à exigência de justiça poética. Na nova versão Cordelia sobrevive, a verdade e a virtude triunfam, e Lear é reconduzido ao trono — num paralelo com a retomada do poder monárquico por Carlos II.[6] Durante mais de um século, a versão de Tate predominou sobre a de Shakespeare. De forma análoga, a peça *The Children's Hour* [A hora das crianças], de Lillian Hellman, conta a história de duas professoras acusadas de manter um romance lésbico proibido. Quando a peça foi adaptada para o cinema, na década de 1930, o romance foi transformado num caso heterossexual, devido às exigência da época. Muitas décadas depois, o mesmo diretor, William Wyler, refez o filme: as proibições morais tinham sido suspensas, e a história original de Hellman foi restabelecida.

O progresso científico, como as peças e os filmes, também é moldado pelo momento histórico. Muitos elementos do método científico que hoje consideramos indispensáveis — experimentação, publicação de resultados, descrição detalhada da metodologia, replicação, avaliação das ideias pela comunidade científica — surgiram na Inglaterra no fim do século XVII, depois da guerra civil. Até então, as ciências naturais não eram investigadas pela experimentação, mas pelas percepções individuais e pela especulação teórica. Os dados científicos eram secundários em relação às ideias visionárias. Terminada a guerra civil, os cientistas buscaram um meio de trabalhar juntos pelo bem do país. O químico Robert Boyle acreditava que as provas palpáveis proporcionadas pelos experimentos eram um meio melhor de gerar consenso. No entanto, seus métodos foram

duramente contestados, principalmente pelo filósofo Thomas Hobbes, para quem as decisões de uma comissão seriam pouco confiáveis e suscetíveis a manipulação. Ele desconfiava principalmente da elite que dominava o meio científico.[7]

O método experimental de Boyle acabou prevalecendo não só por causa de seus méritos científicos, mas também porque atendia a necessidades da época. A Revolução de 1688 derrubou a monarquia absoluta em favor da monarquia parlamentarista. Nesse contexto, o método experimental de Boyle floresceu: ele democratizava a ciência, enfatizando a pesquisa coletiva. Antes, quando os reis exerciam a autoridade suprema, as declarações de cientistas específicos tinham uma influência desmedida. Agora, assim como o Parlamento, os cientistas amadores tinham supremacia.[8] Algo tão fundamental quanto a busca da verdade foi moldado pelas circunstâncias culturais.

É justamente devido à importância do contexto histórico que as inovações surgem em momentos específicos. A linha do tempo da história é pontuada de inovações que qualquer pessoa *poderia* ter inventado anteriormente — todas as suas peças ou partes já estavam disponíveis —, mas ninguém as *teria* inventado. Veja o diálogo oblíquo entre um homem e uma mulher sobre um aborto no conto "Colinas como elefantes brancos", de Ernest Hemingway:

> "A cerveja está boa e gelada", disse o homem.
>
> "Está ótima", concordou a moça.
>
> "É uma operação realmente muito simples, Jig", disse o homem. "Nem é uma operação de verdade."
>
> A moça olhou para o piso em que se apoiavam os pés da mesa.
>
> "Eu sabia que você concordaria, Jig. Não é nada de mais. É só deixar o ar entrar."
>
> A moça não disse nada.

> “Vou junto e vou ficar com você o tempo todo. Eles só deixam o ar entrar, então é algo completamente natural.”
>
> “E o que nós fazemos depois?”
>
> “Depois vamos ficar bem. Como antes.”[9]

Cada sentença desse trecho foi escrita em linguagem simples. Nada proibia os escritores de usar o mesmo estilo cem anos antes. Mas nenhum deles o fez. Os escritores de gerações anteriores se expressavam de outro modo. Vejamos o seguinte diálogo do romance *Os pioneiros*, de James Fenimore Cooper, um século mais antigo:

> “Entristece-me ver a extravagância que invade este país”, disse o juiz, “onde os colonos desperdiçam as dádivas que deveriam aproveitar, com a prodigalidade de aventureiros bem-sucedidos. E você mesmo não está livre de censura, Kirby, porque abriu feridas horríveis nessas árvores em que uma pequena incisão teria dado o mesmo resultado. Peço-lhe encarecidamente que se lembre de que elas decorrem de séculos de crescimento e que, uma vez destruídas, nenhum ser vivo verá sua perda ser remediada.”[10]

Os personagens de Hemingway, lacônicos como são, tiveram uma conversa inteira quase com o mesmo número de palavras. Embora Hemingway tenha escrito com um vocabulário semelhante ao de Cooper, sua prosa não seria aceitável retrospectivamente: pareceria demasiado indireta e escassa ao leitor do século XIX.

Da mesma forma, tudo de que o compositor Earle Brown precisou para escrever sua obra *Available Forms I*, de 1961, estava à mão de compositores do século XIX, como Beethoven: a notação, os instrumentos, o sistema de afinação. Mas nenhum compositor daquele tempo teria escrito uma peça em que as partes dos músicos consistissem em caixas numeradas com música dentro e na qual o regente improvisasse indicando a cada músico o que tocar, dirigindo-os livremente. Por causa dessa flexibilidade, *Available Forms I* nunca é interpretada duas vezes da mesma forma. Para a sensibilidade do século XIX, a música era minuciosamente organizada e coordenada, e se esperava que fosse reconhecida a cada

interpretação. Um compositor da época até *poderia* ter escrito algo como *Available Forms I*, mas estava totalmente fora das normas culturais — e portanto essa possibilidade permanecia invisível tanto para criadores quanto para plateias.

Devido às idiossincrasias de sua história, cada lugar limita as obras que nele se produzem. Mesmo quando uma obra criativa busca ser eterna, depende essencialmente do meio em que foi produzida.

UMA EXPERIÊNCIA NO LABORATÓRIO DO PÚBLICO

Em março de 1826, em Viena, o compositor Ludwig van Beethoven sentou-se num bar em frente à casa na qual estreava seu último quarteto de cordas. Já bastante surdo, ele não teria conseguido ouvir a apresentação, mas o que o fez evitar o evento foi o nervosismo quanto à reação do público ao último movimento, ao qual ele deu o nome de *Grosse Fuge* — a grande fuga. Com duração de dezessete minutos, era o mais longo final já escrito por um músico, tão longo quanto muitos quartetos de cordas completos. Dentro de um único movimento prolongado, ele reuniu uma abertura rápida, uma refinada parte lenta, um interlúdio dançante e um final entusiástico. A *Grosse Fuge* por si só equivalia a um breve quarteto de cordas inteiro, com quatro movimentos. E não só isso: o final tinha sons e ritmos complexos que ninguém na época de Beethoven tinha ouvido antes. Ao acrescentar um final tão exigente a um longo quarteto, Beethoven sabia que estava pedindo muito a seu público.

Ele se encontrava numa situação comum para os criadores: ao apresentar uma obra, não existe o "é impossível errar". A criatividade é um ato intrinsecamente social, um experimento no laboratório do público. A nova obra é avaliada dentro de um contexto cultural, portanto a receptividade a qualquer inovação depende do que veio antes e de quanto ela se aproxima ou se afasta dessa linhagem. Estamos sempre tentando decidir entre nos ater rigorosamente aos padrões da comunidade ou nos aventurar no desconhecido; procuramos o meio-termo ideal entre a familiaridade e a novidade.

Ao escrever um movimento final tão audacioso, Beethoven apostou alto na novidade. Por isso sentou-se no bar e esperou que seu amigo Holz, o segundo violino, fosse lhe revelar o veredito da plateia. Holz finalmente chegou, esfuziante, e contou a Beethoven que o quarteto tinha sido um sucesso: a plateia pediu que os movimentos intermediários fossem tocados de novo. Beethoven ficou entusiasmado. Mas aí perguntou sobre a *Grosse Fuge*. Infelizmente, disse Holz, não houvera pedido de bis. Bastante desapontado, Beethoven disse que a plateia era composta de "gado e asnos" e que a *Grosse Fuge* era o único movimento digno de ser tocado duas vezes.[11]

O experimento de Beethoven tinha se distanciado demais dos padrões de sua comunidade. Um crítico presente à estreia disse que o final era "tão incompreensível quanto chinês".[12] Nem os maiores admiradores de Beethoven compreenderam a obra. Seu editor receou que a comoção em torno do final comprometesse a demanda da peça toda, e pediu a Holz que fizesse uma proposta a Beethoven: cortar a *Grosse Fuge* e escrever outro final. Holz escreveu:

> Eu disse a Beethoven que essa Fuga, que se afastava do comum e superava mesmo os últimos quartetos em originalidade, deveria ser publicada como obra à parte [...] Comuniquei-lhe que [seu editor] estava disposto a pagar honorários suplementares pelo novo final. Beethoven disse que ia refletir sobre o assunto.

Beethoven tinha fama de dar pouca atenção à capacidade dos músicos ou às faculdades de sua plateia; mas dessa vez, extraordinariamente, ele concordou com o editor.[13] Diante de um resultado desanimador, cedeu ao público, voltou ao gabinete e compôs um final lírico, mais suave e doce que a *Grosse Fuge* e com um terço da duração desta. Não há documentos que registrem suas motivações. Mas o caso é um exemplo notável de negociação entre o impulso criativo e a comunidade que vai recebê-lo.

O dilema de Beethoven repetiu-se inúmeras vezes: criar algo parecido com o que já existe ou algo que ninguém nunca fez? Na busca do meio-termo ideal entre as duas opções, os criadores às vezes tendem para o lado conhecido. Ele parece mais seguro, porque está baseado no que a comunidade já conhece e aprecia. Mas avançar aos poucos acarreta um risco: o público avançar sem você.

Vejamos o smartphone BlackBerry. Em 2003, a empresa de tecnologia RIM lançou o primeiro BlackBerry: sua inovação principal era um teclado ASDFG completo, que permitia responder a e-mails no aparelho, além de fazer e receber ligações telefônicas. Em 2007, os BlackBerries faziam tanto sucesso que o valor das ações da empresa se multiplicou por oitenta. A RIM tinha se tornado uma das empresas mais competitivas do setor de tecnologia. No mesmo ano, a Apple lançou o primeiro iPhone. A fatia de mercado do BlackBerry e o valor das ações da RIM continuaram em alta durante algum tempo, atingindo novos patamares, mas depois a atenção do público começou a se voltar para os celulares touchscreen. Apesar disso, os fabricantes do BlackBerry insistiram em seu modelo. Esperavam que o iPhone fosse uma moda passageira. Em poucos anos, a fatia de mercado do BlackBerry caiu 75% e as ações da empresa despencaram de um valor máximo de 138 dólares para 6,30. Qual foi o erro do BlackBerry? Ele se ateve a uma resposta correta durante tempo demais, subestimando a velocidade com que os telefones evoluiriam para dispositivos multimídia. Num BlackBerry, o teclado físico limita o tamanho da tela, dificultando ver filmes e usar aplicativos. O que tinha dado certo em 2007 já não funcionava poucos anos depois. O avanço lento fracassou; a companhia não foi longe o bastante.

O mesmo destino recaiu sobre a Eastman Kodak. George Eastman inventou o primeiro rolo de filme flexível em 1885. Em meados da década de 1970, Eastman controlava inacreditáveis 90% do mercado de filmes e 85% das vendas de câmeras nos Estados Unidos. Nove em dez fotos feitas no país eram “momentos Kodak”. No entanto, preocupada com uma possível canibalização da venda de filmes analógicos, a empresa respondeu com reservas à tecnologia digital. Embora tenha lançado uma

linha própria de câmeras digitais, a Kodak não previu a força com que a nova tecnologia superaria a revelação química. Em 2012, a empresa fundadora da indústria fotográfica declarou falência.

Muitas vezes, as empresas que ganharam a liderança com uma inovação ousada foram deixadas para trás ao não conseguirem se adaptar aos novos tempos. Se você quisesse assistir a um filme em casa no ano 2000, provavelmente passaria na locadora Blockbuster mais próxima, como faziam milhões de pessoas. Fundada por um programador, a Blockbuster foi pioneira em usar um sistema de rastreamento que monitorava tendências e garantia que os lançamentos mais populares estivessem sempre disponíveis. Em seu auge, a Blockbuster chegou a ter mais de onze mil lojas no mundo todo. Mas ela não reagiu com rapidez suficiente ao advento da banda larga, com a qual os vídeos passaram a ser transmitidos diretamente para as casas. Em 2014, a última locadora Blockbuster dos Estados Unidos fechou as portas. Alugar filmes em uma loja física virou coisa do passado. Assim como o BlackBerry e a Kodak, a Blockbuster permaneceu fiel a sua fórmula por tempo demais.

Como os (antigos) funcionários dessas empresas relatam, às vezes ficar perto demais dos êxitos anteriores não basta — um grande salto é o que captura a imaginação do público. Foi o que aconteceu quando a eletricidade substituiu a iluminação a gás, os automóveis substituíram as carruagens, o cinema sonoro substituiu o mudo, o transistor substituiu as válvulas e os computadores de mesa substituíram os de grande porte.

Pode parecer que o segredo é a ruptura. Mas essa estratégia tem a mesma frequência de sucesso que as mudanças graduais.

Entre 1865 e o começo da Segunda Guerra Mundial, houve centenas de tentativas de criar uma língua universal. O objetivo era construir uma língua "perfeita", fácil de aprender e sem as dificuldades das línguas naturais. Muitos dignitários, entre eles Eleanor Roosevelt, manifestaram-se a favor dessas iniciativas, acreditando que uma língua comum promoveria a paz mundial. Apareceram línguas com nomes curiosos, como auli, espido, esperido, europal, europeo, geoglot, globaqo, glosa, hom-idyomo, ido, ilo, interlíngua, ispirantu, latino sine flexione, mundelingva, mondlingvo, mondlingu, novial, occidental, perfektsprache, simplo, ulla, universalglot e volapük.[14] Quase todas foram construídas de modo semelhante: ancoradas em raízes europeias, mas com ortografia e sintaxe mais lógicas e sem terminações irregulares.

Ninguém chegou mais perto de realizar o ideal da língua universal do que L.L. Zamenhof, o inventor do esperanto. Cada letra corresponde a um som. Todos os verbos se conjugam da mesma forma. O vocabulário se constrói por adição de prefixos e sufixos com significados previsíveis. Por exemplo, o sufixo *eg* significa grandeza em tamanho ou intensidade: *vento* significa vento, enquanto *ventego* significa vento forte; *domo* significa casa, enquanto *domego* significa mansão.[15]

De início, o esperanto era usado apenas por Zamenhof e sua futura esposa: eles escreviam cartas de amor nessa língua. Mas depois que Zamenhof publicou o tratado apresentando o esperanto, a língua começou a atrair seguidores. Houve congressos internacionais sobre o esperanto. Em 1908, o minúsculo território belgo-prussiano de Moresnet Neutro lançou um movimento que pretendia mudar seu nome para Amikejo [lugar da amizade] e tornar-se o primeiro Estado baseado nos princípios do esperanto. O movimento esperantista teve seu melhor momento depois da Segunda Guerra Mundial: meio milhão de pessoas assinaram uma petição às Nações Unidas para que o esperanto fosse adotado como língua mundial oficial. Em 1948, seus propositores alegaram que o esperanto tinha "resistido a todas as tormentas e permanecido relevante [...] Tornou-se a

língua viva de um povo vivo [...] pronta para ser utilizada numa escala muito maior”.[16]

Essa declaração foi o ponto mais alto a que o esperanto chegou. O entusiasmo pela nova língua desapareceu: ela nunca foi adotada como primeira ou segunda língua de país algum, e existem apenas cerca de mil pessoas que a aprenderam como língua materna na infância. Embora nosso mundo globalmente interligado tivesse muito a ganhar com uma língua universal, querer que populações inteiras aprendessem uma língua completamente nova era pedir muito. Apesar de suas vantagens óbvias, uma língua universal mostrou-se disruptiva demais.

Muitas outras soluções radicais, em outras áreas, já foram tentadas e deixadas de lado. Vejamos, por exemplo, o calendário. Desde que o papa Gregório XIII instituiu o calendário gregoriano, em 1582, muitos pensadores defenderam um modo melhor de contar os dias e as estações. Afinal, não seria preferível ter um calendário em que cada mês tivesse o mesmo número de dias e ainda por cima pudesse ser reutilizado ano após ano? Em 1923, a demanda para aposentar o calendário gregoriano tinha se tornado tão forte que a Liga das Nações instituiu um concurso mundial. O vencedor foi um calendário de treze meses, projetado por Moses Cotsworth, em que cada mês tinha 28 dias e todos os anos começavam num domingo. O décimo terceiro mês, chamado sol, foi inserido entre junho e julho. George Eastman, fundador da Eastman Kodak Company, ficou tão entusiasmado que adotou o calendário de Cotsworth como calendário oficial de sua empresa durante mais de sessenta anos. No entanto, os Estados Unidos barraram o projeto na Liga das Nações, pois não queriam que as festividades do Quatro de Julho caíssem no dia “17 de sol”. Apesar de anos de pressão, a proposta de adotar oficialmente o calendário de Cotsworth morreu em 1937.

Várias décadas depois, Elisabeth Achelis propôs um calendário mundial de doze meses que nunca muda. Como sete dias vezes 52 semanas dão 364 dias, faltando um dia para o ano completo, o último dia do ano seria chamado Dia do Mundo, de modo que o ciclo pudesse recomeçar num domingo. Grupos religiosos se opuseram porque o dia extra perturbaria a ordem semanal dos cultos. Assim, as Nações Unidas não ratificaram o novo calendário.

As propostas não paravam de chegar. O autor de ficção científica Isaac Asimov propôs o calendário mundial das estações, que suprimia os meses

e dividia o ano em quatro estações de treze semanas cada. Assim como o calendário mundial, tinha um dia extra no fim do ano. Já o calendário simetria 454 de Irv Bromberg tinha meses de 28 e 35 dias; em vez de um dia extra a cada ano, ele contemplava um salto de *uma semana* a cada cinco ou seis anos.

Esses novos calendários atraíram seguidores, mas, como as línguas universais, acabaram sendo abandonados. Havia problemas demais a superar. Em nosso mundo interconectado, seria impossível fazer uma transição em etapas; todos os softwares teriam de ser atualizados. Instituir um novo sistema também implicaria uma adaptação de todas as datas históricas, ou então as pessoas teriam de aprender dois sistemas — um para o passado, outro para o futuro. Mais uma vez, as inconveniências de uma mudança pesaram mais que as inconveniências do calendário gregoriano adotado durante o Renascimento. Enfeitado hoje em dia com modelos de biquíni ou bombeiros sem camisa, ele continua pendurado na parede.

Independentemente da glorificação ou da rejeição da indústria, navegar em águas desconhecidas é sempre arriscado. Por exemplo, num momento em que o mundo enfrenta os perigos das mudanças climáticas e um eventual esgotamento dos combustíveis fósseis, a indústria automobilística hesita entre aperfeiçoar os motores convencionais (solução gradual) e migrar para outra tecnologia, como os motores elétricos ou de hidrogênio (solução disruptiva). Uma desvantagem dos veículos elétricos é que eles demoram para recarregar — atualmente dezenas de vezes mais tempo do que levamos para encher o tanque num posto de combustíveis. Assim, a empresa Better Place criou uma nova solução: a troca de bateria. Você para num posto e em questão de minutos substitui a bateria esgotada por uma nova. A empresa escolheu Israel como campo de teste por causa do tamanho reduzido do país e das preocupações ambientais da população. Com apoio do governo, a Better Place construiu 1.800 postos de serviço em todo o país e abriu-os para o público. A empresa contava que uma massa crítica faria a transição para carros elétricos. Infelizmente, não foi possível vencer a inércia do público: apesar de grandes campanhas publicitárias, os compradores de carro não estavam prontos para a mudança. A Better Place não conseguiu vender um número de veículos suficiente para manter a solvência dos postos. Seis anos depois da estreia triunfante, a empresa declarou falência.

Vivemos num eterno cabo de guerra entre o previsível e o surpreendente. O apego às coisas que dão certo provoca desgaste, mas deixar a zona de conforto para trás pode significar não ter adeptos. O meio-termo ideal entre a familiaridade e a novidade é um alvo em movimento, difícil de acertar. Inúmeras ideias foram parar na lata de lixo da história porque o alvo estava fora de alcance — ou as flechas caíam antes de alcancá-lo, ou passavam muito além dele. Quando a Microsoft atualizou sua plataforma para Windows 8, foi criticada por ter ido longe demais: a reação do público foi tão hostil que seus desenvolvedores foram demitidos. Enquanto isso, as atualizações da Apple eram criticadas por excesso de precaução. A criatividade, como diz Joyce Carol Oates, é sempre um experimento.

Os gostos culturais estão sempre mudando, e nem sempre avançam a passos firmes. Às vezes se arrastam, às vezes dão saltos. Além disso, a direção do movimento nem sempre é previsível. É por isso que o esperanto continua sendo uma promessa irrealizada, enquanto a Blockbuster está desaparecendo de nossa memória coletiva. Não é fácil saber quais chutes resultarão em gol.

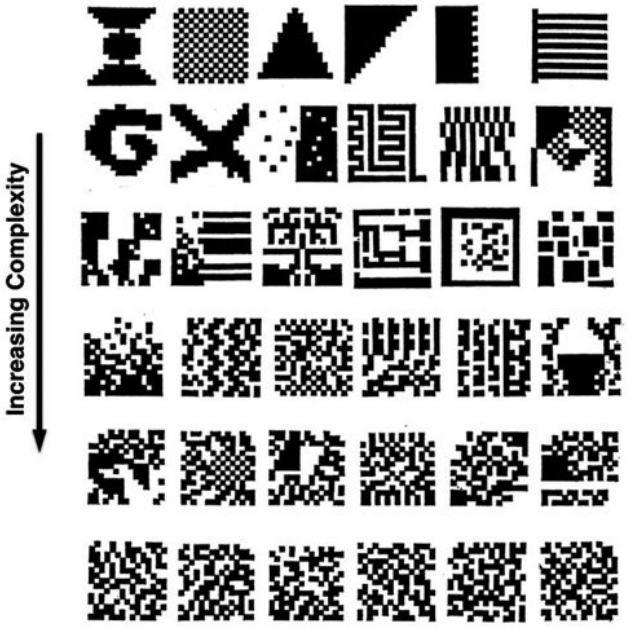
Somos todos humanos. Então, apesar das imprevisibilidades do contexto cultural, será que existe uma beleza universal que esteja acima do momento histórico e das circunstâncias? Será que existem características imutáveis da natureza humana que condicionam nossas escolhas criativas, uma melodia atemporal que dirige as improvisações do dia a dia? Sempre houve uma busca por essa universalidade, por causa de seu valor como estrela-guia que comandaria nossas escolhas criativas.

Algo frequentemente citado como um indicador da beleza universal é a simetria visual. Compare, por exemplo, os padrões geométricos dos tapetes persas aos do teto do palácio de Alhambra, na Espanha, criados em lugares e períodos distintos.

No entanto, a relação entre beleza e simetria não é absoluta. A arte rococó, popular na Europa do século XVIII, quase nunca era simétrica, e os jardins zen são apreciados justamente por sua assimetria.

O triunfo de Vênus*, de François Boucher, e um jardim zen*

Assim, talvez devamos buscar em outro lugar os indícios da beleza universal. Em 1973, a psicóloga Gerda Smets fez experimentos eletroencefalográficos, usando eletrodos presos ao couro cabeludo, para registrar a atividade cerebral provocada pela exposição a diferentes padrões. Ela observou que há uma resposta maior do cérebro a padrões com um nível de complexidade de cerca de 20%.



A segunda fileira de cima para baixo apresenta um nível de complexidade de mais ou menos 20% (Smets, 1973)

Os recém-nascidos fitam padrões com cerca de 20% de complexidade por mais tempo que outros padrões. O biólogo E.O. Wilson sugeriu que essa preferência poderia indicar uma beleza universal biologicamente determinada para a arte:

> Pode ser coincidência (embora eu ache que não) que mais ou menos o mesmo grau de complexidade é encontrado em grande parte das produções artísticas como frisos, ferro forjado, emblemas, logotipos, marcas e bandeiras [...] O mesmo nível de complexidade caracteriza parte daquilo que é considerado atraente na arte primitiva, na arte moderna e no design.

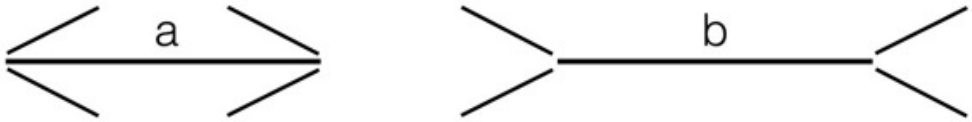
Mas será que Wilson tem razão? A estimulação pode ser um ponto de partida para a estética, mas não explica tudo. Vivemos em sociedades que aspiram cronicamente à surpresa e à inspiração mútua. Quando a complexidade de 20% se torna um hábito, ela perde o brilho e os seres humanos buscam outras dimensões de novidade.

Vejamos duas telas abstratas pintadas por Wassily Kandinsky e seu compatriota Kazimir Malevich, respectivamente, com poucos anos de intervalo. O choque caótico de cores na *Composição VII* (1913) de Kandinsky é de alta complexidade, enquanto a calma sobrenatural de *Branco sobre branco* (1918), de Malevich, tem a consistência visual de uma paisagem coberta de neve. Tendo os mesmos determinantes biológicos (e trabalhando no mesmo contexto cultural quase ao mesmo

tempo), Kandinsky e Malevich produziram arte radicalmente diferente entre si.

Assim, as artes visuais não estão condenadas a seguir prescrições. Na verdade, após concluir seus experimentos, Gerda Smets perguntou aos participantes quais imagens eles *preferiam*. Não houve consenso.[17] Uma resposta cerebral maior a uma complexidade de 20% não previa as preferências estéticas dos sujeitos, que ficaram distribuídas ao longo de todo o espectro de complexidade. Quando se trata de avaliar a beleza visual, não há regras biológicas rígidas.

O meio em que vivemos pode mudar nosso modo de ver. Na ilusão de Müller-Lyer (abaixo), o segmento *a* é percebido como mais curto que o segmento *b*, embora tenham exatamente o mesmo comprimento. Durante muitos anos, os cientistas assumiram que essa era uma característica universal da percepção visual humana.



No entanto, estudos feitos com diversas culturas revelaram algo surpreendente: a percepção da ilusão varia muito — e os ocidentais são o ponto fora da curva.[18] Ao comparar a percepção de diversos grupos de pessoas acerca dos segmentos *a* e *b*, os cientistas descobriram que os ocidentais são os mais propensos a achar que existe uma diferença. Nos povos africanos zulu, fang e ijaw, metade das pessoas percebeu a distorção. Os caçadores san do deserto de Kalahari não foram pegos pela ilusão: todos eles identificaram de imediato que os segmentos *a* e *b* tinham o mesmo comprimento.[19] As pessoas criadas em países ocidentais literalmente não enxergam as coisas da mesma forma que os caçadores do Kalahari. A experiência de mundo muda o que tomamos como verdade, e a visão não é uma exceção.[20]

E quanto à música? Não é considerada uma língua universal? A música que ouvimos diariamente parece seguir normas consistentes. Mas um estudo da música indígena de todo o mundo revela que há uma grande diversidade naquilo que o ser humano ouve e em como ouve, indo muito além do que é praticado pelos ocidentais. No Ocidente, quando os pais

querem colocar um bebê para dormir, cantam uma canção de ninar suave e vão abaixando a voz aos poucos até chegar a um sussurro. Já os pigmeus da tribo aka cantam cada vez *mais alto* e dão tapinhas no pescoço do bebê. Na música clássica ocidental, tocar dentro do tom é considerado belo, mas na música tradicional javanesa a desafinação é tida como bonita. Na música de algumas culturas nativas, cada um toca em seu próprio ritmo; em outras, como no canto gutural da Mongólia, a música não tem melodia identificável; em outras mais, a música é executada com instrumentos inusitados, como a percussão na água das ilhas Vanuatu. A métrica ocidental tende a enfatizar todo segundo, terceiro ou quarto tempo, mas os ritmos búlgaros incorporam padrões de sete, onze, treze e quinze tempos, e existem ciclos rítmicos indianos de mais de cem tempos. A afinação da música ocidental divide cada oitava em doze tons de espaçamentos iguais, enquanto a música clássica indiana divide a oitava em 22 tons irregularmente espaçados.[21] Os ouvidos ocidentais percebem a altura como graves e agudos, mas até isso é determinado pela cultura: o povo roma da Sérvia usa os nomes "grande" e "pequeno"; para a tribo obaya-menza, são "pais" e "filhos"; e para o povo shona do Zimbábue são "crocodilos" e "pessoas que perseguem crocodilos".[22]

Apesar dessas diferenças, será que existem padrões subjacentes nos diversos tipos de música? Haveria uma preferência biológica por combinações específicas de sons? Os cientistas defendiam que todos nós nascemos gostando da consonância, então isso foi posto à prova com crianças pequenas. Como bebês de quatro a seis meses não conseguem nos dizer o que estão pensando, é preciso buscar respostas em seu comportamento. Um grupo de pesquisa preparou uma sala com dois alto-falantes, um de cada lado. De um deles, saía um minueto de Mozart. Os pesquisadores então desligavam esse alto-falante e ligavam o outro, que tocava uma versão distorcida do mesmo minueto na qual a música de Mozart tinha sido transformada numa sucessão de dissonâncias irritantes. Um bebê ficava no meio da sala, no colo de um dos pais, e os pesquisadores registravam durante quanto tempo o bebê ouvia cada música antes de se virar. O resultado: os bebês prestavam atenção por mais tempo ao Mozart original do que à versão dissonante. Parecia uma forte prova a favor da existência de uma preferência inata pela consonância.[23]

Mas especialistas em cognição musical começaram a questionar essa conclusão. Para começar, existem músicas nativas, como o canto popular

búlgaro, que se caracterizam pela dissonância generalizada. Mesmo dentro da cultura ocidental, os sons considerados agradáveis mudaram com o tempo: as simples harmonias consonantes do minueto de Mozart teriam espantado um monge medieval.

Então as cientistas cognitivas Sandra Trehub e Judy Plantinga repetiram o experimento com os bebês. Chegaram a um resultado surpreendente: os bebês ouviam por mais tempo qualquer música que tocasse primeiro. Se a versão dissonante fosse a primeira, prendia a atenção deles da mesma forma que a versão consonante quando esta era executada primeiro. A conclusão foi que não nascemos com uma preferência inata pela consonância.[24] Assim como no caso da beleza visual, os sons de que gostamos não são determinados antes de nascermos.

Os cientistas têm tido dificuldade para encontrar padrões universais que unam permanentemente nossa espécie. Embora entremos em cena com predisposições biológicas, um milhão de anos entortando, quebrando e mesclando diversificaram as preferências da espécie. Somos produto não apenas da evolução biológica, mas também da evolução cultural.[25] Ainda que a ideia de beleza universal seja atraente, ela não abrange a multiplicidade de criações em diferentes tempos e lugares. A beleza não é geneticamente predeterminada. À medida que fazemos explorações criativas, nosso senso estético se expande: cada coisa nova que consideramos bela acrescenta algo à definição da palavra. É por isso que às vezes achamos grandes obras do passado pouco atraentes, mas nos maravilhamos com objetos que uma geração anterior não teria aceitado. O que nos caracteriza como espécie não é uma preferência estética em particular, mas os diversos caminhos tortuosos da própria criatividade.

No século XVII, o dramaturgo Ben Jonson glorificou seu contemporâneo Shakespeare como sendo "não de uma época, mas de todos os tempos".[26] É difícil discordar: o Bardo nunca foi tão popular como hoje em dia. Em 2016, a Royal Shakespeare Company fez uma turnê mundial representando *Hamlet* em 196 países. As peças de Shakespeare estão sendo revividas e recontadas o tempo todo. Pessoas instruídas do mundo inteiro são capazes de citar trechos delas. Shakespeare é uma herança que passamos com orgulho para nossos filhos.

Mas vamos com calma, Ben. E se em quinhentos anos pudermos fazer implantes neurais que nos deem acesso direto aos sentimentos de outra pessoa? Pode ser que essa rica e profunda experiência de cérebros compartilhados nos dê tanto prazer que assistir a uma peça de três horas sendo encenada num palco (em que adultos usam roupas de época e fingem ser outras pessoas e falar espontaneamente) se torne uma questão de interesse histórico. E se os conflitos vividos pelos personagens de Shakespeare começarem a parecer datados e, em vez deles, as pessoas preferirem enredos sobre engenharia genética, clonagem, juventude eterna e inteligência artificial? E se houver tamanho excesso de informação que a humanidade já não consiga olhar mais de uma ou duas gerações para trás, ou mesmo um ou dois anos?

É difícil imaginar um futuro em que Shakespeare esteja ausente da agenda cultural, mas é o preço que talvez tenhamos de pagar por nossa imaginação sem limites. As necessidades de cada época mudam, a comunidade segue em frente. Estamos sempre abandonando o antigo, abrindo espaço para o novo. Mesmo obras criativas consagradas pela cultura saem de cena. Aristóteles foi o autor mais estudado na Idade Média europeia. É reverenciado até nossos dias, porém mais como um clássico do que como voz ainda viva. No que se refere a obras criativas, o "eterno" vem com data de validade.

Mas Shakespeare nunca desaparecerá totalmente: mesmo que suas peças se tornem apenas assunto de especialistas, o Bardo sobreviverá no DNA de sua cultura. No que se refere à imortalidade, talvez isso seja o bastante. Diante da sede humana por novidades, uma obra criativa que

tenha sobrevivido durante cinco ou seis séculos conseguiu algo raro. Honramos nossos ancestrais ao viver criativamente no presente, mesmo que isso signifique apagar o passado. Shakespeare pode ter pretendido ser o maior dramaturgo de sua época — mas não o último dramaturgo de todos os tempos. Sua voz ainda se ouve em meio à daqueles que ele inspirou. Um dia, o dramaturgo que escreveu "todos os homens e mulheres [...] têm suas saídas e entradas" talvez recue para os bastidores da história. A impermanência e a obsolescência são o preço que pagamos por viver em culturas que se remodelam continuamente.

***

Estamos tão habituados ao mundo que nos rodeia que a criatividade na base dele tende a ser invisível. Mas tudo — edifícios, remédios, carros, redes de comunicação, cadeiras, facas, cidades, aparelhos domésticos, caminhões, óculos, geladeiras etc. — é resultado de os seres humanos absorverem o que está a seu alcance, processarem e produzirem algo novo a partir disso. Em qualquer ocasião, somos herdeiros de bilhões de ancestrais rodando seus softwares cognitivos. Nenhuma outra espécie se empenha tanto em explorar territórios imaginários. Nenhuma outra espécie está tão determinada a transformar o faz de conta em realidade.

Apesar disso, nem sempre somos tão criativos como gostaríamos. O que podemos fazer para alavancar mais nossa criatividade? Vamos passar a isso agora.

PARTE II

A MENTALIDADE CRIATIVA

CAPÍTULO 7

NÃO COLE AS PEÇAS

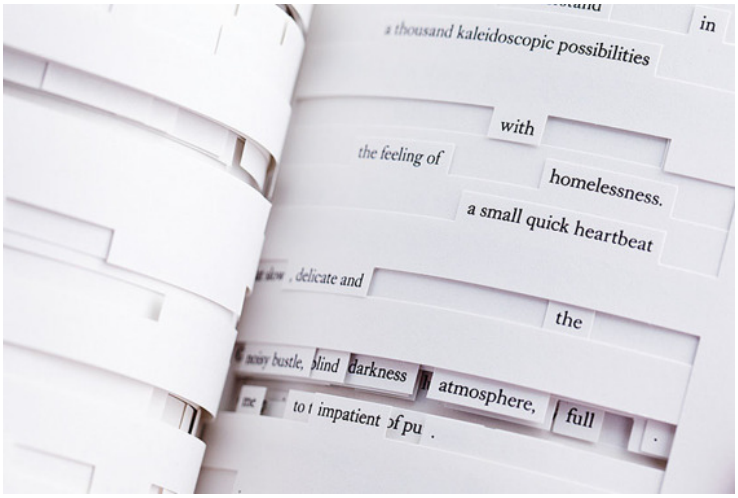
O filme *Uma aventura LEGO* (2014) transporta os espectadores para um mundo feito inteiramente de blocos coloridos: não só os edifícios, mas as pessoas, o céu, as nuvens, o mar e até o vento. O herói, um bonequinho chamado Emmet, tenta impedir o malvado Presidente Negócios de congelar o mundo com o Kragle, uma substância misteriosa e potente. A única maneira de deter o Presidente Negócios é encontrar a Peça de Resistência, um bloco mítico que neutraliza o Kragle. Em todo o mundo LEGO, outros bonequinhos cantam o hino "Tudo é incrível" enquanto Emmet luta para convencê-los do perigo iminente.

Lá pelo meio do filme, numa reviravolta inesperada, ele passa a ser um *live-action*: o universo LEGO na verdade existe na imaginação de um menino chamado Finn. Na vida real, o Presidente Negócios é o pai de Finn, conhecido como o Cara de Cima. Ele construiu uma cidade complexa de LEGO no porão de casa, com arranha-céus, avenidas e um trem elevado. Irritado com as alterações do filho na cidade, o Cara de Cima pretende colar todas as peças usando a cola Krazy Glue. A Peça de Resistência é, afinal, a tampa da embalagem de Krazy Glue. A cidade de LEGO do Cara de Cima é o resultado de inúmeras horas de trabalho. É linda, até perfeita. Mas a plateia naturalmente fica do lado de Finn, que quer continuar construindo e reconstruindo a cidade em vez de congelar o progresso daquele mundo.

Graças à atividade incansável do cérebro humano, nós não nos limitamos a aprimorar o que é imperfeito — também alteramos coisas que parecem perfeitas. Os seres humanos não quebram só o que é ruim; também quebram o que é bom. Criadores diferentes podem admirar ou então criticar o passado, mas todos têm uma característica em comum: não querem colar as peças. Como disse o romancista W. Somerset Maugham: "A tradição é um guia, não um carcereiro." O passado pode ser reverenciado, mas não é intocável. Como vimos, a criatividade não surge do nada: dependemos da cultura para nos fornecer um estoque de matéria-prima. E da mesma forma que um chef compra os melhores ingredientes

para preparar uma nova receita, nós estamos sempre procurando o melhor daquilo que herdamos para fazer algo novo.

Em 1941, os nazistas levaram os judeus poloneses para o gueto de Drohobycz, o que seria a última etapa antes de enviá-los para a morte em campos de concentração. Entre os condenados estava um talentoso escritor chamado Bruno Schulz. Ele foi temporariamente salvo da deportação por um oficial nazista que admirava sua obra, mas acabou sendo alvejado na rua por outro oficial. Muito pouco do que Schulz escreveu sobreviveu à guerra. Entre seus únicos livros publicados estava uma coletânea de contos, *Lojas de canela*. O livro foi ganhando fama ao longo dos anos, e, algumas gerações depois, o escritor americano Jonathan Safran Foer prestou-lhe uma homenagem. Mas em vez de preservá-lo ou imitá-lo, ele usou máquinas de corte para suprimir partes do texto de Schulz, transformando-o numa espécie de escultura em prosa. Foer não despedaçou algo de que *não* gostava — pelo contrário, escolheu algo que amava. Demonstrou sua admiração pela obra de Schulz ao refazê-la como uma coisa nova. Como Finn, ele quebrou o que estava bom.



Uma página de Tree of Codes*, de Jonathan Safran Foer*

Geração após geração, remontamos os blocos da história. Édouard Manet quebrou coisas boas ao criar sua pintura *Le Déjeuner sur l'herbe*, de 1863. Tomando como ponto de partida a gravura seiscentista *O julgamento de Páris*, de Raimondi, Manet transformou as três figuras

mitológicas do canto inferior direito em dois cavalheiros burgueses e uma prostituta descansando num parque de Paris.

Mais tarde, Picasso quebraria a obra de Manet ao criar a própria versão da pintura, à qual deu o mesmo nome.

Depois disso, Robert Colescott reformulou a icônica pintura de Picasso *Les Demoiselles d'Avignon*, transformando-a em *Les Demoiselles d'Alabama*.

De vez em quando, sociedades tentam congelar convenções. No século XIX, a Academia Francesa de Arte definiu padrões para as artes visuais. Começou a prescrever o gosto público e o que considerava aconselhável comprar. Seu leque era amplo o bastante para abrigar grandes pintores de estilos contrastantes, dos classicistas aos líderes do romantismo. Mas, com o tempo, da mesma forma que o Cara de Cima, a Academia começou a colar as coisas no lugar onde estavam.

A cada dois anos, ela organizava um salão de arte, o maior fórum do país para as obras recentes. Se alguém quisesse deixar sua marca no mundo da arte francesa, esse era o lugar aonde ir. O salão sempre foi muito seletivo, mas em 1863 o gosto dos jurados tinha se tornado limitado demais: eles recusaram milhares de telas, inclusive muitas de pintores consagrados. *Le Déjeuner sur l'herbe*, de Manet, estava entre as rejeitadas. O júri ficou escandalizado com a gritante sensualidade da obra e com as pinceladas aparentemente aleatórias.

Até então, os pintores com obras recusadas nada podiam fazer além de aceitar a decisão. Mas, dessa vez, muitos artistas tinham quebrado o que a Academia considerava "bom". Houve tantas rejeições que os artistas se levantaram em protesto. O alvoroço foi tamanho que o imperador Napoleão III visitou o saguão da mostra para ver as obras rejeitadas. Ordenou que se abrisse um Salon des Réfusés (um salão de recusados) ao lado da mostra principal para que o público julgasse por si mesmo. Mais de quatrocentos pintores se inscreveram. A Academia não se esforçou para tornar o Salon des Réfusés apresentável: as telas foram dispostas de qualquer jeito, minimamente identificadas e sem um catálogo. Comparado

ao salão principal, parecia uma venda de garagem. Apesar de tudo, a exposição das pinturas rejeitadas foi um marco na história da arte ocidental. Ela determinou um distanciamento dos temas mitológicos e históricos em favor de temas mais contemporâneos. As pinceladas minuciosas deram lugar a técnicas experimentais.[1] Milhares de pessoas se apinharam nas galerias apertadas, com os olhos bem abertos para as obras que a Academia gostaria que elas nunca vissem. A necessidade de abalar a tradição triunfou sobre as tentativas de repressão.

O cérebro humano está sempre remodelando as peças que tem diante de si, e esse impulso move a ciência assim como a arte. Os geólogos do começo do século XX, por exemplo, acreditavam que os continentes sempre estiveram no mesmo lugar. Para eles, um atlas da Terra seria igual em qualquer momento de sua história. A estabilidade da Terra não estava em questão.[2] Com os dados que tinham na época, esse era um argumento sólido baseado em observações de campo.

Mas, em 1911, Alfred Wegener leu um estudo que descrevia animais e plantas idênticos encontrados nos dois lados do Atlântico. Os cientistas da época explicavam o fenômeno propondo a existência de pontes de terra que estariam submersas, mas que no passado teriam conectado as duas costas atlânticas. Wegener, porém, não conseguia parar de pensar que as costas da África e da América do Sul se encaixavam como peças de um quebra-cabeça. Mais tarde, ele encontrou uma inesperada correspondência entre estratos de rocha da África do Sul e do Brasil. Fazendo uma simulação mental, Wegener uniu os sete continentes numa única massa de terra, que nomeou Pangeia. Ele propôs que esse supercontinente teria se dividido em centenas de milhões de anos antes, e seus grandes pedaços gradualmente se afastaram uns dos outros. A mesclagem mental de Wegener permitiu que ele "visse" a história de nosso planeta de uma maneira que ninguém havia feito: ele havia descoberto a deriva continental.

Wegener apresentou sua hipótese num artigo em 1912, e seu livro *As origens dos continentes e oceanos* saiu três anos depois. Assim como Darwin propusera a evolução das espécies, Wegener afirmava que nosso planeta muda com o tempo. A teoria de Wegener soltou os continentes de suas amarras e permitiu que flutuassem como vitórias-régias. O fato de seu modelo contrariar as teorias dominantes não o preocupou. Ele

escreveu a seu sogro: “Por que titubeamos em lançar velhas opiniões ao mar? [...] Não acho que as velhas ideias sobrevivam mais dez anos.”

Infelizmente, o otimismo de Wegener não se confirmou. Seu trabalho foi recebido com escárnio e desdém: para seus pares, a hipótese era “herética” e “absurda”. O naturalista Hermann von Ihering disse com sarcasmo que a hipótese de Wegener ia “estourar como uma bolha de sabão”. O geólogo Max Semper disse que a prova da “realidade da deriva continental foi obtida por meios inadequados e falha completamente”. Semper foi além: sugeriu que seria aconselhável que Wegener “já não honrasse a geologia com sua presença, mas buscasse outras áreas que ainda não tenham escrito sobre sua porta ‘São Floriano, proteja esta casa’”.*

Wegener enfrentou problemas desanimadores. Muitos dos cientistas que estudavam a Terra trabalhavam em campo, não eram teóricos.[3] Para eles, só tinham valor os dados que eles mesmos coletavam e podiam segurar em mãos. Wegener tinha poucas evidências concretas. Ele só podia se valer de indicações circunstanciais de que um dia os continentes haviam estado unidos; era impossível voltar centenas de milhões de anos no tempo para obter uma prova direta. Pior ainda: ele só podia especular sobre *como* as placas geológicas se moviam. Qual seria o motor geológico que provocava os movimentos sísmicos? Para seus pares, Wegener tinha posto o carro na frente dos bois, enunciando uma teoria com fatos insuficientes, ou seja, sua hipótese era uma obra da imaginação.

Na tentativa de convencer seus contemporâneos, Wegener empreendeu perigosas expedições ao norte para tentar medir o movimento dos continentes. Não voltou da última dessas viagens. Perdido no frio intenso a caminho de uma estação, Wegener morreu em novembro de 1930. O lugar era tão remoto que seu corpo só foi encontrado muitos meses depois.[4]

Vários anos mais tarde, uma série de novos instrumentos de medição deu origem a uma grande quantidade de dados sobre o assoalho oceânico, campos magnéticos e técnicas de datação. Os resultados obrigaram os geólogos a reconsiderarem a teoria descartada de Wegener. Com alguma hesitação, o geólogo Charles Longwell escreveu: “A hipótese de Wegener foi muito estimulante e tem implicações tão essenciais para a geologia que merece o interesse respeitoso e solidário de todos os geólogos. Alguns argumentos impactantes a seu favor vieram à luz, e, com efeito, seria

imprudente rejeitar qualquer conceito que proporcione uma possível chave para a solução de grandes problemas na história da Terra."[5] Poucas décadas depois, o geólogo John Tuzo Wilson — que no passado havia escarnecido da teoria de Wegener — mudou de ideia: "Essa perspectiva não é o que qualquer um de nós esperava de nossos olhares limitados [...] A Terra, em vez de uma estátua inerte, é uma coisa viva e móvel [...] É a maior revolução científica de nosso tempo."[6]

A deriva continental foi aceita por aqueles que tinham zombado dela. O impulso que movia Wegener a desafiar o *statu quo* — descolar os continentes — estava validado.

As pessoas criativas muitas vezes quebram a tradição de sua cultura e até mesmo a própria tradição. Na década de 1950, o pintor Philip Guston era um jovem astro do movimento expressionista abstrato de Nova York, com seus campos coloridos que evocavam nuvens.

Para B.W.T. *(1950) e* Pintura *(1954), de Philip Guston*

Depois de várias grandes retrospectivas de sua obra no início da década de 1960, Guston deu um tempo na pintura, abandonou a cena artística de Nova York e se mudou para uma casa isolada em Woodstock, no estado de Nova York. Reapareceu anos mais tarde. Em 1970, a Marlborough Gallery de Nova York exibiu uma mostra de seus trabalhos recentes. Seus admiradores ficaram surpresos: ele tinha passado para a arte figurativa. A paleta de vermelho, rosa, cinza e preto — que era sua marca registrada —

ainda estava lá, mas agora ele pintava imagens grotescas, muitas vezes deformadas, de membros da Ku Klux Klan, cigarros e sapatos.

Riding Around *(1969) e* Flatlands *(1970), de Philip Guston*

A reação foi majoritariamente hostil. Numa resenha para o jornal *The New York Times*, o crítico de arte Hilton Kramer disse que a obra era "tosca" e que Guston estava se comportando como um "adorável bobalhão". O crítico da revista *Time*, Robert Hughes, foi igualmente depreciativo. Sobre o tema da Ku Klux Klan, escreveu: "Como declaração política, [as telas de Guston] são tão rasas quanto o preconceito que denunciam." Com toda a publicidade negativa, a Marlborough Gallery não renovou o contrato com o artista. Ao quebrar sua obra anterior, Guston desapontou muitos de seus admiradores mais fervorosos. Mas manteve sua decisão e produziu arte figurativa até a morte, em 1980.

Hilton Kramer nunca arredou pé de sua opinião, mas outros, sim. Em 1981, Hughes publicou uma reavaliação:

> As pinturas que Guston começou a fazer no fim da década de 1960, exibidas pela primeira vez em 1970, eram tão diferentes de sua obra consagrada que pareciam uma reviravolta caprichosa e até mesmo grosseira [...] Se alguém dissesse, naquele tempo, que os Gustons figurativos exerceriam uma grande influência sobre a arte americana dez anos depois, a ideia teria soado inacreditável.
>
> Contudo, talvez tenha sido exatamente isso o que aconteceu. Na década intermediária, houve um crescimento revoltoso da pintura figurativa deliberadamente tosca e rebelde nos Estados Unidos:

> quadros que ignoram o decoro ou a precisão em benefício de uma dicção astuciosamente rude, com bases expressionistas. Sem dúvida, Guston é padrinho desse modo de pintar, e por isso sua obra desperta mais interesse entre pintores com menos de 35 anos do que entre seus contemporâneos.[7]

Muito mais que Philip Guston, os Beatles, no fim da década de 1960, alcançaram enorme maestria no mundo da música. Mas mesmo criando um sucesso atrás do outro, a banda continuava experimentando. Sua criatividade chegou ao auge com o *Álbum Branco*, lançado em 1968. Ele nasceu de uma estada da banda num *ashram* indiano e do romance de John Lennon com a artista de vanguarda Yoko Ono. A última faixa, "Revolution 9", é uma colagem de voltas se repetindo, cada uma girando a sua própria velocidade, com fragmentos de música clássica tocando ao contrário, trechos de música árabe e a voz do produtor George Martin dizendo "Geoff, put the red light on" [Geoff, acenda a luz vermelha]. De onde saiu o título? Lennon gravou um engenheiro de som dizendo "Este é o teste EMI número nove", depois separou apenas as palavras "número nove" e as repetiu muitas vezes. Mais tarde, ele diria à revista *Rolling Stone* que nove era "o dia do meu aniversário e meu número da sorte". A faixa, que era a mais longa do disco, deixava claro que a banda responsável por quebrar as tradições da música pop da década de 1950 estava pronta para quebrar suas próprias tradições. Como disse um crítico de música: "Durante oito minutos de um álbum oficialmente intitulado *The Beatles* não havia Beatles."[8]

A destruição criativa das próprias estruturas não acontece somente na arte, mas também na ciência. Um dos mais destacados biólogos evolucionistas do mundo, E.O. Wilson tinha passado décadas investigando um enigma da natureza: o altruísmo. Se o objetivo essencial de um animal é passar os próprios genes para a geração seguinte, que motivo ele teria para arriscar a vida por outro? A resposta de Darwin foi a seleção parental: os animais se comportam sem egoísmo para proteger seus parentes biológicos. Com Wilson na liderança, os cientistas da evolução concordaram que quanto maior o número de genes em comum, maior a probabilidade de seleção parental.

Mas Wilson não estava disposto a colar as peças. Depois de cinquenta anos defendendo a seleção parental, ele mudou de posição. Passou a

defender que novos dados desmentiam o modelo estabelecido. Algumas colônias de insetos formadas por parentes próximos não exibiam altruísmo, e outras colônias com um fundo genético mais diversificado eram muito menos egoístas. Wilson propôs uma nova ideia: há ambientes onde a sobrevivência exige trabalho em equipe, e nesses casos a tendência à cooperação passa a ser geneticamente favorecida. Em situações nas quais o trabalho em conjunto não traz vantagens, os animais protegem a si mesmos, ainda que à custa de seus parentes.[9]

A reação ao artigo de Wilson foi violenta. Muitos biólogos renomados disseram que ele tinha perdido o rumo e que seu estudo nem devia ter sido publicado. Numa resenha intitulada "The Descent of Edward Wilson" [O declínio de Edward Wilson], Richard Dawkins, um de seus pares de maior prestígio, não lhe poupou críticas: "Isso me faz lembrar uma antiga história em quadrinhos da revista *Punch* em que uma mãe observa uma parada militar e diz, orgulhosa: 'Aquele é meu filho, o único que está no passo certo.' Será Wilson o único biólogo no passo certo?"[10]

Mas estar em descompasso com seus colegas não incomodou Wilson. Outros ficaram surpresos pelo fato de uma pessoa tão venerada, ganhadora de dois Pulitzer, pôr sua reputação em risco. Mas Wilson, um inovador experiente, não teve medo de mudar radicalmente sua opinião de acordo com o que a ciência lhe mostrava — mesmo que isso implicasse destruir seu próprio legado. Ainda não há um veredito sobre a proposta de Wilson (pode ser que esteja incorreta), mas, certo ou errado, não há peças que ele considere coladas no lugar.

***

A humanidade se renova constantemente quebrando o que já está bom: telefones de disco se transformam em telefones de teclas, que se transformam em celulares tijolão, depois em celulares com flip, depois em smartphones. Os televisores se tornam mais finos e maiores — e wireless e de tela curva e 3-D. Mesmo com inovações entrando na corrente cultural, nunca saciamos nossa sede de novidades.

Mas será que existem algumas descobertas que atingiram tamanho grau de perfeição que as mentes posteriores concordam em não alterá-las? Para encontrar tal criação, talvez baste olhar para um violino Stradivarius.

Afinal, o objetivo do *luthier* é criar um instrumento capaz de projetar um som belo e rico até o fundo da sala de concertos, sendo ao mesmo tempo cômodo para tocar. Nas mãos do italiano Antonio Stradivari (1644-1737), as proporções, a escolha das madeiras e até mesmo a aplicação do verniz chegaram ao auge. Mais de trezentos anos depois, seus instrumentos continuam sendo os mais cobiçados do mercado. Os violinos Stradivarius podem chegar a mais de quinze milhões de dólares num leilão. Assim, poderia parecer pouco provável que alguém tentasse aperfeiçoar um Strad, o apogeu dos instrumentos de sua espécie.

Mas o cérebro humano é inovador e simplesmente não consegue deixar quieto o que já está bom. Baseando-se em pesquisas recentes sobre acústica, ergonomia e materiais sintéticos, *luthiers* modernos vêm tentando fazer violinos mais leves, de som mais alto, mais manejáveis e mais duráveis. Veja-se o violino de Luis Leguia e Steve Clark, feito de fibra de carbono. Além de mais leve, ele não é afetado pela umidade — uma característica infeliz dos instrumentos de madeira, que podem apresentar rachaduras.

O Stradivarius "Lady Blunt"

Durante um concurso internacional de violino em 2012, violinistas profissionais foram convidados a tocar e avaliar diversos instrumentos,

antigos e modernos. Os músicos usaram óculos que não lhes permitiam ver que instrumento estavam tocando, e o cheiro característico dos velhos violinos foi disfarçado com perfumes.

Só um terço dos participantes escolheu um dos instrumentos antigos como o melhor de todos. Dois Stradivarius foram usados, e o mais famoso foi escolhido *menos* vezes. O teste pôs em xeque a ideia de que o Stradivarius nunca será superado.

O violino de fibra de carbono de Leguia e Clark

Talvez não seja fácil destronar o Stradivarius como o maior objeto de desejo — mas progressos graduais estão levando a um violino moderno mais potente, menos vulnerável ao desgaste e menos caro que seu ilustre predecessor. Quando um solista sobe ao palco com um instrumento feito de materiais sintéticos e interpreta as magistrais melodias do concerto para violino de Beethoven, não parece tão ruim quebrar uma coisa tão "perfeita" quanto um Strad.

***

Ninguém quer viver o mesmo dia infinitas vezes. Mesmo que fosse o dia mais feliz de sua vida, os acontecimentos perderiam o impacto. A felicidade diminuiria por causa da supressão por repetição. Em decorrência disso, estamos sempre mudando o que está bom. Sem esse impulso, nossas experiências mais deliciosas se tornariam insípidas por causa da rotina.

É fácil se deixar intimidar pelos gigantes do passado, mas eles são os propulsores do presente. O cérebro remodela não só coisas imperfeitas, mas também coisas que amamos. Assim como Finn desfez o trabalho do Cara de Cima, nós também somos obrigados a continuar aprimorando as criações de última geração.

---

* São Floriano é padroeiro dos bombeiros e das vítimas de incêndio. Na Alemanha, é objeto de uma oração irônica que diz: “São Floriano, proteja a minha casa, toque fogo na casa de outra pessoa.” Semper estaria pedindo a Wegener que se afastasse da geologia e se dedicasse a destruir outros campos de pesquisa. (N. da T.)

CAPÍTULO 8

MULTIPLIQUE AS OPÇÕES

Em 1921, a Comissão de Orçamento da Câmara dos Representantes dos Estados Unidos recebeu o cientista George Washington Carver, do Instituto Tuskegee do Alabama, composto só por negros. Ele sentou-se num recinto em que nenhum homem negro ocupava um cargo público, na capital segregada de um país racialmente dividido.

Carver vinha procurando uma solução para a exaustão do solo causada por gerações de cultivo do algodão, e tinha encontrado no amendoim e na batata-doce os cultivos ideais para as culturas rotativas. Mas Carver reconhecia que nenhum agricultor do Sul aceitaria plantar amendoim se não houvesse um mercado para isso. Naquela ocasião, a missão de Carver era apresentar o amendoim como um cultivo economicamente viável. Foram concedidos dez minutos para ele defender sua posição.

Carver afirmou que, se todos os outros vegetais fossem destruídos, "uma ração perfeitamente equilibrada, com todos os nutrientes, poderia ser feita da batata-doce e do amendoim". Mas ele mal tinha começado a falar quando foi interrompido pelo parlamentar John Q. Tillman, que perguntou: "Você não vai querer uma melancia para acompanhar?"*

Sem se deixar perturbar pela observação racista, Carver continuou falando, e enumerou uma quantidade de derivados do amendoim que ele mesmo tinha inventado: sorvete de amendoim, pigmentos de amendoim, alimento de amendoim para pombos, doce de amendoim. Quando acabaram seus dez minutos, Carver fez menção de parar, mas o presidente da Comissão convidou-o a prosseguir. Mais dez minutos não bastaram, então o presidente da Comissão disse: "Vá em frente, irmão. Seu tempo é ilimitado."

Carver falou do leite de amendoim. Falou do ponche de amendoim com sabor de frutas que, garantiu aos presentes, não violava a Lei Seca. Falou de farinha de amendoim, tinturas de amendoim, tempero de amendoim, queijo de amendoim, alimento para o gado de amendoim, molho inglês de amendoim e creme facial de amendoim. Chegou a falar em café de amendoim. Ao todo, apresentou mais de cem usos para o amendoim. Concluiu seu discurso de 47 minutos dizendo que tinha enumerado apenas

metade da lista. O presidente da Comissão agradeceu-lhe, observando: "Gostaríamos de cumprimentá-lo, senhor, pela maneira como tratou seu tema."[1] Tendo imaginado tantos usos para o amendoim, ganhou o dia no Congresso e tornou-se um herói popular para os agricultores do Sul.

Gerar opções é a base do processo criativo. Picasso pintou quinze variações das *Femmes d'Alger*, de Delacroix; 27 de *Le Déjeuner sur l'herbe*, de Manet; e 58 de *Las meninas*, de Velázquez.

Las meninas*, de Diego Velázquez*

Cinco das 58 variações de Picasso sobre Las meninas

De modo análogo, Beethoven compôs seis variações sobre uma canção folclórica suíça, sete sobre "God Save the Queen" e doze sobre um tema de Mozart. Em 1819, o compositor austríaco Anton Diabelli enviou a outros músicos o tema de uma valsa e pediu que cada um deles contribuísse com uma variação para um volume que ele pretendia publicar. Não satisfeito com uma, Beethoven compôs 33 variações sobre o tema de Diabelli, seu espectro de opções muito maior que o de qualquer outro.

Se os zumbis pudessem sair dos filmes de terror, não seriam capazes de multiplicar opções: o cérebro deles só é capaz de rodar sub-rotinas pré-programadas. Como vimos, esse mesmo tipo de rotina roda quando levantamos um garfo em direção à boca, mexemos as pernas para caminhar ou dirigimos um carro. Um caminho neural específico faz o trabalho pesado, e assim o comportamento é automatizado. Mas a rede de conectividade no interior do cérebro nos permite superar o hábito. Ao multiplicar opções, o cérebro sai do caminho mais comum e explora uma parte maior de suas redes. Em vez de rodar algoritmos preestabelecidos, o cérebro entorta, quebra e mescla seu estoque de experiências, imaginando hipóteses.

Carver, Picasso e Beethoven deixaram sua multiplicação à mostra. Mas é comum que a produção de opções ocorra nos bastidores. Vejamos o romance *Adeus às armas*, de Ernest Hemingway. Termina com Catherine, a amada do narrador, morrendo no parto junto com o filho natimorto. Enquanto trabalhava na conclusão trágica do romance, Hemingway esboçou 47 finais diferentes. Sua primeira tentativa foi assim: "Isso é tudo sobre a história. Catherine morreu e você vai morrer e eu vou morrer e isso é tudo o que posso lhe prometer."

Numa versão posterior, o bebê nasce vivo:

> Eu poderia falar sobre o menino. Ele não parecia ter importância alguma exceto por ser um problema e Deus sabe que eu estava melhor sem ele. Seja como for ele não pertence a esta história. Ele começa uma nova. Não é justo começar uma nova história onde termina uma velha mas é assim que acontece. Não há fim exceto a morte e o nascimento é o único começo.

Outra versão é centrada no dia seguinte ao da morte de Catherine:

> Então quando acordei por completo tive um sentimento de vazio eu vi a lâmpada elétrica ainda acesa em pleno dia à cabeceira da cama e eu estava de volta ao ponto onde tinha parado na noite anterior e esse é o fim da história.

Outra deixa o leitor com uma lição final:

> Você aprende algumas coisas enquanto vive e uma delas é que o mundo quebra todo mundo e depois muitos ficam fortes nos lugares em que foram quebrados. Os que ele não quebra ele mata. Ele mata os muito bons e os muito amáveis e os muito corajosos indiscriminadamente. Se você não for nada disso pode ter certeza de que ele vai matá-lo também mas sem nenhuma pressa em especial.[2]

Finalmente, Hemingway criou a versão definitiva. No final publicado, o bebê é um natimorto. O narrador expulsa as enfermeiras e se tranca no quarto com a esposa morta.

> Mas depois que as mandei embora e tranquei a porta e apaguei a luz não foi nada bom. Foi como dar adeus a uma estátua. Depois de um tempo saí do hospital e voltei para o hotel a pé na chuva.

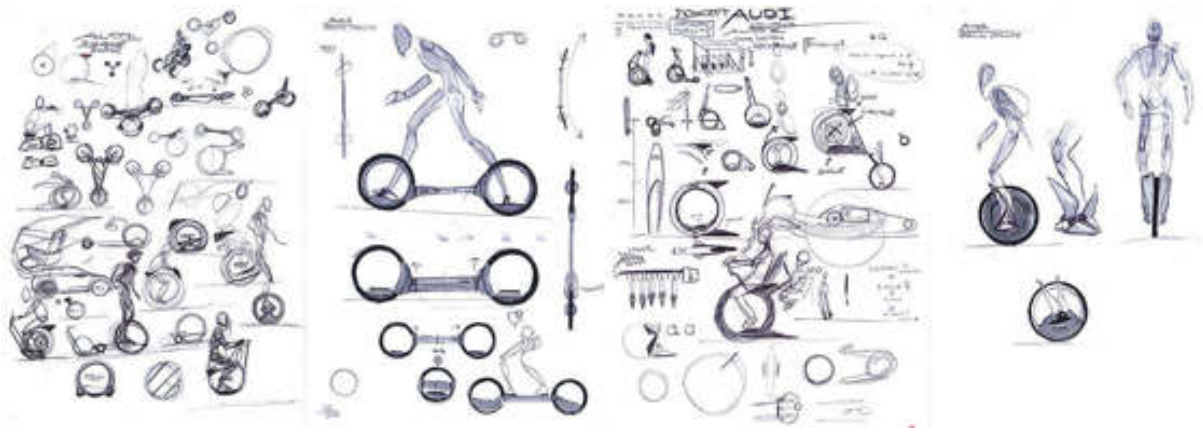
Ao ler a conclusão de *Adeus às armas*, ninguém desconfiaria de que a página final do romance surgiu após uma grande quantidade de opções.

***

Dos milhares de ovos postos pelos salmões a cada temporada, muitos filhotes morrem antes do nascimento e outros perecem jovens. Poucos chegam à idade adulta. De forma análoga, nosso cérebro desova uma grande quantidade de opções: muitas delas não crescerão a ponto de chegar à consciência, e, entre as que conseguirem, muitas mais vão sucumbir.

Vejamos como os irmãos Wright determinaram a maneira ideal de controlar um avião no vento: eles construíram 38 tipos de superfície para as asas, todas elas com formas e curvaturas diferentes. Ou os seis anos de pesquisa de Charles Kettering para inventar o motor a diesel: "Tentamos uma coisa atrás da outra até que o próprio motor nos disse exatamente o que queria."[3] No Laboratório de Inovação Eureka, da Levi's, os estilistas ensaiam milhares de variantes de tinturas e tipos de brim durante a produção dos jeans do ano seguinte; os experimentos dos designers são gravados por câmeras para que os padrões escolhidos possam ser reproduzidos depois.[4]

Dentro da mesma linha, quando o designer Max Kulich foi convidado pela Audi para projetar um veículo de mobilidade pessoal (PMV, na sigla em inglês), ele esboçou uma quantidade de opções. Em algumas o motorista ficava sentado; em outras, de pé. Algumas opções tinham uma roda, ou duas, ou três. Ele testou uma versão com um assento de bebê na traseira. Em outra, o motorista ficaria sobre duas rodas sem guidão. Fez experiências com a inclinação do motorista, o tamanho das rodas e o formato do guidão. Pensou num modelo dobrável, e imaginou que ele poderia ser incluído no porta-malas do Audi junto com o estepe.



No fim, um dos desenhos que ele enviou à Audi era o do CitySmoother, um modelo dobrável com um assento.

Por causa da fecundidade da imaginação humana, uma grande quantidade de trabalho acaba na lata de lixo. Os escritórios de arquitetura projetam diversas alternativas para um novo edifício. Para o Flea Theater, em Nova York, o Architectural Research Office criou setenta fachadas diferentes.

De todas elas, só uma foi aprovada.

Multiplicar as opções é importante não só para designers e arquitetos, mas também para os químicos. Quando um laboratório farmacêutico se

dispõe a criar uma nova droga, enfrenta uma missão difícil: ela deve atacar a doença, mas poupar o paciente. O método tradicional consiste em identificar um produto químico e aprender com a alteração de sua forma. Um químico muito produtivo talvez consiga reformular entre cinquenta e cem novos produtos químicos por ano. Mas normalmente isso é considerado lento demais; em geral, são necessárias cerca de dez mil variações para descobrir o composto ideal. Quando ele enfim é encontrado, anos de esforço e dinheiro foram gastos. Para otimizar e acelerar esse processo, especialistas em química orgânica descobriram novos meios de multiplicar as opções. Em vez de testarem um composto por vez, os químicos agora fazem ensaios concomitantes, misturando, por exemplo, dez álcoois e dez ácidos em combinações diversas numa microplaca que contém cem poços de reação.[5] E fazem isso com dezenas de placas ao mesmo tempo. Na última década, a alta produtividade desse teste automatizado revolucionou a descoberta de drogas.

Mesmo depois que um produto chega ao mercado, as mentes inventivas não param de gerar ideias. O inventor americano Thomas Edison lançou o fonógrafo em janeiro de 1878. O público adorou a novidade, mas o dispositivo revelou-se frágil e difícil de operar. Para manter o interesse das pessoas, Edison criou uma lista de usos futuros para o fonógrafo:

1. Escrever cartas e registrar todo tipo de ditado sem ajuda de um estenógrafo.
2. Livros fonográficos, que falarão aos cegos sem que estes tenham de fazer esforço.
3. O ensino de oratória.
4. Reprodução de música.
5. O “Diário de Família” — um registro de expressões, reminiscências etc. dos membros de uma família em sua própria voz, e as últimas palavras de um ente querido.
6. Caixinhas de música e brinquedos musicais.
7. Relógios capazes de anunciar com um discurso articulado a hora de ir para casa, de fazer as refeições etc.
8. A preservação das línguas pela reprodução exata da maneira de pronunciar.
9. Fins educacionais, como conservar as explicações de um professor, de modo que o aluno possa recorrer a elas em qualquer momento e

usar o aparelho para lições de ortografia ou outras matérias que demandem memorização.

10. Conexão com o telefone, de modo a tornar esse aparelho um auxiliar na transmissão de gravações permanentes e inestimáveis, em lugar de receber comunicações momentâneas e fugazes.[6]

Edison reconheceu que a multiplicação de opções era necessária para a sobrevivência de sua ideia. Como ele mesmo disse: "Quando você esgotar todas as possibilidades, lembre-se disto: elas não se esgotaram."

Na natureza, vemos diversidade e grandes investimentos em alternativas na ramificação constante da árvore da vida. Por quê? Porque o caminho mais seguro para a extinção é o superinvestimento numa única solução. Da mesma forma, o ponto forte da humanidade é sua capacidade de diversificar mentalmente. Quando confrontados com um problema, não damos apenas uma resposta; pelo contrário, produzimos uma ampla gama de soluções.

A multiplicação de opções é escalável para empresas e governos: investir numa ampla gama de abordagens alternativas aumenta as chances de resolver um problema. Vejamos o que aconteceu na Grã-Bretanha do século XVIII, quando uma frota inteira errou o caminho e naufragou, matando dois mil marinheiros. Era o mais recente de uma série trágica de acidentes causados por falta de conhecimento em navegação. O problema era que os navegantes desconheciam a longitude exata em que se encontravam — ou seja, sua posição no eixo leste-oeste.[7] Para calculá-la, era preciso saber a velocidade do navio e, para isso, cronometrar seu avanço. Mas os relógios de pêndulo da época eram de pouca valia, porque o balanço do navio perturbava seu movimento. Então os marinheiros atiravam um pedaço de madeira pela borda e estimavam a velocidade com que o navio se afastava dele. Essas aproximações rudimentares com frequência acabavam em desastre, pois os barcos se distanciavam de seu curso.

Diante das constantes perdas em sua frota, o Parlamento britânico tomou a inovadora decisão de estimular as pessoas a irem além das soluções habituais: anunciou um prêmio de vinte mil libras (o equivalente a um milhão de dólares em valores atuais) para quem descobrisse um meio de determinar a longitude com precisão. Como escreveu a historiadora da ciência Dava Sobel: "Esse controle sobre o financiamento fez do Conselho

da Longitude possivelmente o primeiro órgão oficial de pesquisa e desenvolvimento no mundo."[8]

Os primeiros resultados não foram promissores. O Conselho da Longitude avaliou propostas de diversos tipos de instrumentos com nomes esquisitos, como *fonômetro, pirômetro, selenômetro* e *heliômetro*. Nenhum funcionou. Quinze anos depois de anunciado o prêmio, o conselho ainda não tinha encontrado uma só iniciativa que merecesse apoio. Durante esse período, ele não se reuniu nenhuma vez — seus membros limitavam-se a mandar cartas de recusa.

Mas o conselho continuou incentivando a apresentação de propostas. Mais de vinte anos após a instauração do prêmio, John Harrison, um relojoeiro autodidata de uma cidadezinha em Yorkshire, apresentou um instrumento de medição digno do mar. De todas as pessoas que buscavam uma solução, esse artesão de um vilarejo distante certamente seria das que tinham baixas probabilidades de sucesso. Mas Harrison era um mestre em sua arte. Graças a aperfeiçoamentos do design e do material, seu relógio H-1 foi a primeira proposta que o conselho considerou pronta para ser testada em águas abertas. Os resultados foram promissores, porém inconclusivos, e por isso recebeu o capital semente para continuar trabalhando.

A competição se estendeu por décadas. Finalmente, Harrison teve sua grande epifania. Descobriu que todos os seus projetos tinham um erro fatal: seu tamanho os tornava vulneráveis ao balanço do navio. Ele raciocinou que a única forma de produzir um relógio que funcionasse no mar seria livrar-se totalmente do pêndulo. Assim, em 1761, ele apresentou seu "relógio marítimo" H-4 ao conselho. Com menos de quinze centímetros de diâmetro, foi o primeiro relógio de bolso do mundo. Permitindo que os capitães de embarcações marcassem o tempo com exatidão, o H-4 abriu caminho para uma "idade do ouro" da exploração marítima.[9]

Em retrospecto, o progresso nos parece uma narrativa linear de descobertas e aperfeiçoamentos. Mas isso é ilusório. Cada momento da história se caracteriza por uma densa e ramificada rede de caminhos de terra que são eliminados até sobrarem poucas estradas asfaltadas. Em 1714, ninguém teria previsto que um relojoeiro desconhecido, proveniente de um vilarejo, resolveria o problema mais intrincado da navegação. Tudo o que o Parlamento sabia era que precisava abrir um grande leque. Diante

de um problema que exigia uma solução criativa, sua resposta foi multiplicar as opções.

Prêmios como o XPrize seguiram os passos do Prêmio da Longitude. No primeiro XPrize, em 2004, o objetivo era produzir uma nave suborbital reutilizável: foi oferecido um prêmio de dez milhões de dólares à primeira equipe que conseguisse levar uma tripulação a cem metros de altitude duas vezes em duas semanas. Vinte e seis naves do mundo inteiro entraram na competição, com designs que iam desde aletas de foguetes a asas de avião.

O prêmio acabou sendo concedido à SpaceShipOne, da Mojave Aerospace

Abrindo um grande leque, o sonho de viagens espaciais privadas ficou mais próximo de se realizar. Essa estratégia de crowdsourcing está ficando cada vez mais comum. Quando a Netflix quis aperfeiçoar seus algoritmos para a sugestão personalizada de filmes, percebeu que sairia mais barato instituir um prêmio global de um milhão de dólares do que fazer o trabalho internamente. A empresa publicou uma amostra de dados e anunciou o objetivo de aperfeiçoar em 10% seu melhor desempenho até então. Dezenas de milhares de equipes entraram na competição. A maior parte das tentativas não atingiu a meta, mas duas equipes a ultrapassaram. Com um pequeno investimento, a Netflix resolveu o problema incentivando milhares de soluções.

A inovação leva a numerosos becos sem saída, e às vezes eles são muito caros. Exemplo disso é a empresa de painéis solares Solyndra. Em 2011, ela entrou em falência e deixou de pagar empréstimos do governo no valor de 536 milhões de dólares. Mais de mil trabalhadores perderam o emprego. Devido a acusações de fraude, o FBI fez uma busca minuciosa na sede da empresa. Foi um grande revés para o governo Obama, que a havia exaltado como inovadora e criadora de empregos. Para seus adversários, foi um exemplo da incompetência do governo e de desperdício do dinheiro dos contribuintes.

Visto de forma isolada, o fiasco da Solyndra foi um constrangimento para o governo. Mas enquanto responsabilizar o governo é importante, atacá-lo por um único fracasso é contraproducente. Por quê? Porque um governo que só aposta no que é garantido não pode inovar. Vejamos o histórico do Departamento de Energia: dos 34 bilhões em empréstimos de capital semente, a taxa de inadimplência foi de menos de 3%. Embora o Congresso tivesse reservado verbas para cobrir eventuais perdas, o programa de energias renováveis na verdade gerou lucro. O apoio do

governo levou a um surto de investimentos privados no setor, o que provocou uma queda pronunciada no custo da energia solar. A própria Solyndra, inclusive, apresentou diversas ideias criativas. Em vez dos painéis planos a que estamos acostumados, os painéis da Solyndra eram cilíndricos, garantindo que uma parte deles sempre estivesse exposta ao sol. Seus painéis também eram à prova de vento e, por isso, tinham potencial de abrir novos mercados em climas tempestuosos. A Solyndra fracassou não porque era uma má ideia, mas porque o preço dos equipamentos solares caiu mais rápido que o previsto e ela não conseguiu abaixar seus custos de produção a tempo — forças de mercado que eram difíceis de prever.

O fracasso é difícil de engolir, mas quando se trata de investir em inovação não se pode apostar só no cavalo vencedor. Após a falência da Solyndra, o secretário americano de Energia, Ernest Moniz, declarou à rede NPR: "Temos de ter cuidado para não evitar o risco, porque assim não faríamos o mercado avançar."[10]

Para nos livrarmos do erro, contamos com os comportamentos automatizados. Em situações em que os resultados precisam ser confiáveis, como levar o garfo à boca, a poda neural elimina as opções supérfluas. Queremos digitar sem erros, correr sem cair, tocar uma escala perfeita ao violino. Mas quando se trata de multiplicar opções, é preciso ter outra atitude em relação ao erro. O erro deve ser aceito, não evitado. No comportamento automatizado, o erro é uma falha; no pensamento criativo, é uma necessidade.[11]

Um trilhão de espécies diferentes ocupam o planeta, e o grande sucesso da Mãe Natureza se resume num princípio: ela multiplica opções. Ela não tem como saber de antemão o que vai dar certo num ecossistema novo (garras? Asas? Fossetas loreais? Placas ósseas?), por isso testa um grande número de mutações para ver no que dá. O número de espécies existentes hoje representa menos de 1% do total que já tentou a sorte. E algumas previsões dizem que até 50% das plantas e dos animais existentes estarão extintos em 2100.[12] Dos dodôs aos plesiossauros e mamutes, muitas ideias boas não foram adiante.

E o mesmo acontece no mundo das artes, das ciências e dos negócios. A maior parte das ideias não vai conseguir criar raízes no terreno social do momento, por isso a diversificação constante é a única estratégia confiável para ter sucesso. As mentes engenhosas se empenham para criar um fluxo

permanente de alternativas. Empregando com vigor seu software criativo, elas estão sempre se perguntando: “O que mais?”

---

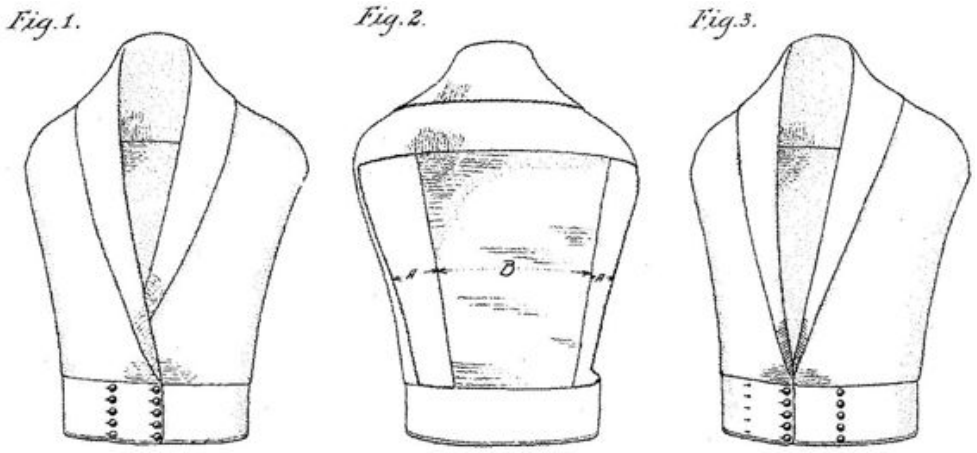
* A melancia, originária da África, era tida pelos racistas americanos como alimento de negros. (N. da T.)

CAPÍTULO 9

EXPLORE DIFERENTES DISTÂNCIAS

A cada ano, a população de uma colmeia se divide em duas. Metade fica onde está, e a outra sai em busca de campos floridos onde possa fazer uma casa nova. É o equilíbrio clássico entre a exploração e o aproveitamento: antes que os campos próximos se esgotem, parte das abelhas sai em busca de ambientes mais ricos. Como não sabem onde ficam os campos mais ricos, mandam na vanguarda uma equipe de batedores, que se distribuem em todas as direções e percorrem diferentes distâncias.

Assim como as abelhas, os seres humanos têm a capacidade de criar opções a diferentes distâncias dos padrões vigentes. Por exemplo: conhecemos Albert Einstein como o cientista cujos saltos imaginativos transformaram nosso entendimento sobre o espaço e o tempo. Mas ele também se ocupou de questões mais práticas, tendo criado projetos inovadores de geladeira, bússola giroscópica, microfone, peças de avião, capa de chuva e um novo tipo de câmera. O homem que estudou o que acontece quando se aproxima da velocidade da luz também patenteou este colete:



Colete patenteado por Albert Einstein

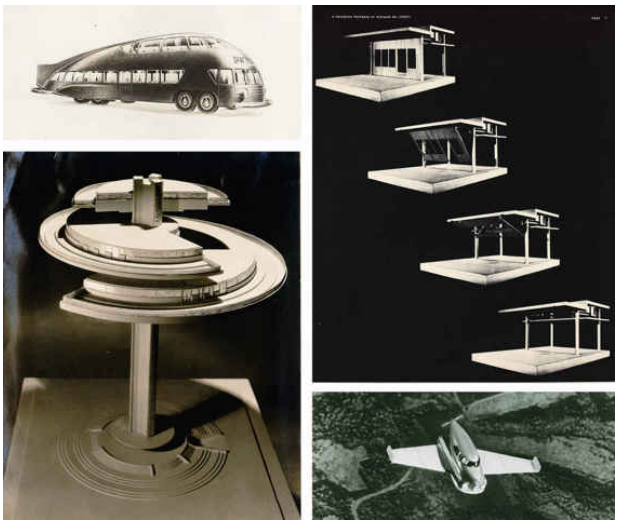
A mente criativa de Thomas Edison também voou para perto e para longe da colmeia. Entre suas primeiras patentes havia algumas bem

modestas, baseadas em criações já existentes, como um aperfeiçoamento do telefone de Graham Bell. Mas havia também o projeto inovador do fonógrafo. Entre seus esboços havia ideias para um motor de avião — trinta anos antes do primeiro voo dos irmãos Wright. Entre outras iniciativas distantes da colmeia, ele tentou, sem sucesso, projetar um sistema telegráfico subaquático. Edison era conhecido por ser prático e sensato, mas, quando lhe encomendaram um livro de memórias, ele produziu um romance futurista (que nunca foi publicado). Imaginou um mundo utópico em que a humanidade tinha evoluído a ponto de viver debaixo d'água, em "moradias com paredes feitas de madrepérola" e com "motores solares para aproveitar a energia do sol, fotografia subaquática usando radiação térmica [e] um papel-moeda sintético e à prova d'água unificado para uso internacional".[1] De pequenos ajustes a inovações e até ideias mirabolantes, Edison passou a vida explorando diversas distâncias.

Uma variedade de distâncias parecida costuma caracterizar o design.

Sarah Burton, da marca de alta-costura Alexander McQueen, desenhou o vestido de noiva de Kate Middleton. Mas também desenhou outros vestidos de noiva que dificilmente seriam usados num casamento real.

Da mesma forma, no começo da década de 1930, o desenhista industrial Norman Bel Geddes inventou vários produtos comerciais: coqueteleiras e castiçais estilosos, o primeiro sifão de soda inteiramente metálico, a primeira bomba de gasolina com calibrador automático de preço e um forno leve, feito de metal laminado, que ele descreveu como "uma máquina de cozinhar pura e simples, sem luxos, sem enfeites, sem decorações para embelezar".[2] Mas Bel Geddes não parou por aí. Imaginou também carros e ônibus de aparência futurista com tanques de combustível no rabo de peixe e um carro voador chamado Avião Rodoviário. Entre outros projetos radicais, ele apresentou o Restaurante Aéreo, em que os comensais ficariam suspensos a uma altura de mais de vinte andares, girando por meio de um mecanismo rotatório.[3] Concebeu também uma casa com paredes móveis que podiam subir até o teto, como portas de garagem.



Ônibus número 2, Restaurante Aéreo, Casa Sem Paredes e Avião Rodoviário, de Norman Bel Geddes

Bel Geddes passou toda a sua carreira gerando ideias mais próximas e mais distantes do contexto da época. Entre seus sucessos comerciais estavam um aspirador de pó da Electrolux, a máquina de escrever elétrica da IBM e o rádio modelo Emerson Patriot. Mas sua imaginação não era restringida pelas condições do mercado: no artigo "Today in 1963" [Hoje em 1963], escrito em 1952, Bel Geddes concebeu a imaginária família Holden, que viveria num mundo em que automóveis voadores, roupas descartáveis, televisões em 3-D e energia solar seriam coisas comuns.[4] Esse tipo de pensamento flexível permite encontrar o meio-termo ideal entre o conhecido e o novo.

Leonardo da Vinci também foi um mestre da exploração mais próxima e mais distante. Como especialista em engenharia, abordou problemas do mundo real — alguns de importância imediata, outros considerados ficção científica em sua época. No extremo mais prático de sua obra, ele sabia que as comportas dos canais de Milão eram de difícil operação e propensas a causar inundações. Então, dedicou-se ao problema e chegou a uma solução inovadora: substituiu o portão de fechamento vertical por uma porta dupla com dobradiça que se abria na horizontal e vedava melhor a água.[5] Foi uma pequena mudança que se mostrou de grande valor. Seu projeto ainda é usado.

O esboço de Da Vinci para as comportas de um canal e comportas em Milão construídas segundo seu projeto

No extremo mais radical de sua obra, ele se dedicou ao sonho de voar. Registrou suas ideias em cadernos com milhares de páginas cheias de esboços, anotações e desenhos. Numa dessas páginas havia o modelo de um paraquedas. Leonardo não foi o primeiro a desenhar um paraquedas (um engenheiro italiano desconhecido tinha feito uma tentativa anterior),[6] mas foi o primeiro a inventar um modelo funcional. Calculou cuidadosamente o tamanho que o paraquedas deveria ter para amortecer a queda de uma pessoa, e fez um desenho e uma descrição detalhados:

> Se um homem tiver uma tenda de linho com todas as bordas seladas, com doze braças [cerca de oito metros] por face e doze de altura, ele poderá se lançar de qualquer altura sem se machucar.

O voo humano ainda estava no futuro distante: só com a invenção do balão de ar quente, no século XVIII, o paraquedas foi "reinventado" pelo francês Louis-Sébastien Lenormand. Finalmente, em 2006, meio milênio depois que Leonardo esboçou o paraquedas, seu modelo foi testado. Adrian Nicholas construiu uma réplica usando materiais existentes em Milão no século XV, como tela e madeira. O paraquedas pesava cerca de cem quilos, mas Nicholas estava disposto a testá-lo. Subiu a uma altura de três quilômetros num balão de ar, vestiu o paraquedas e saltou. O

instrumento funcionou. Mais tarde, Nicholas diria que o salto no paraquedas renascentista "foi mais suave do que nos paraquedas modernos".[7] Leonardo inovou para muito além de sua colmeia. Quinhentos anos depois, seu invento pousou nos campos distantes do futuro.

Às vezes as abelhas batedoras se aventuram até campos que a colmeia nunca alcançará. Da mesma forma, muitas ideias não convencionais nunca verão a luz do dia. O Avião Rodoviário de Bel Geddes e sua casa de paredes móveis nunca foram construídos. Da mesma forma, os cadernos de Da Vinci estão cheios de ideias que ninguém levou adiante, como sua "cidade ideal", jamais erguida. Assim, quando alguma coisa radical ganha adeptos, devemos prestar atenção.

Detalhe do paraquedas esboçado por Da Vinci e o salto de Adrian Nicholas, quinhentos anos depois

Lembremos o destino da *Grosse Fuge* de Beethoven: ele voou para bem longe da colmeia quando a compôs, mas, ao perceber que tinha se distanciado demais, voltou para mais perto e compôs um final menos ambicioso. Até o fim da vida, insistiu que a *Fuge* rejeitada era uma de suas melhores obras. Mas estava tão à frente que, apesar da fama do compositor, foi ignorada por várias gerações. Mesmo cem anos após a morte de Beethoven, os críticos ainda se referiam à peça como "austera, grosseira, inconsequente, trabalhosa, extravagante, cerebral, obscura, impraticável, tola, louca, ilógica, amorfa e sem sentido".[8] Mas Beethoven acabou sendo legitimado. A admiração por suas outras composições levou

a uma reavaliação do final negligenciado: os críticos reconheceram que, assim como Picasso com *Les Demoiselles*, Beethoven tinha dado um salto arriscado um século antes. A retórica da música clássica estava mudando no começo do século XX: as inovações que tinham chocado o público de Beethoven começavam a se tornar predominantes. Hoje, a *Grosse Fuge* é considerada uma das maiores realizações do compositor. Embora não fosse certo que a comunidade algum dia o seguiria, a surpresa foi que, muito depois de sua morte, isso acabou acontecendo.

Como vimos, existe uma dificuldade permanente em gerar criações úteis: nunca se sabe de que o mundo precisa e como vai recebê-las. A pessoa que só adapta a arte consagrada pode ser fraca quanto a novidades, mas quem viaja o tempo todo em máquinas do tempo ou mergulha em estádios submarinos pode nunca desenvolver a competência para executar uma ideia. Em vez de permanecer a uma distância fixa, a melhor estratégia é gerar uma grande quantidade de ideias, algumas mais perto de casa, outras com voos mais ambiciosos.

CAPÍTULO 10

TOLERE RISCOS

No fim do século XIX, cidades como Nova York e Chicago começaram a se expandir não só para os lados, mas também para cima: prédios altos se erguiam em toda a paisagem urbana. Com eles vieram os elevadores. Os primeiros modelos, que funcionavam a vapor ou com energia hidráulica, eram lentos, pouco confiáveis, caros e de difícil manutenção. Mas quando a oferta de energia elétrica aumentou, o inventor americano Frank J. Sprague viu uma oportunidade. Ele não foi o primeiro a construir um elevador elétrico — uma empresa alemã tinha apresentado um modelo primitivo dez anos antes. Sprague, porém, estava determinado a tornar essa nova ideia comercialmente viável. Em poucos anos, ele e um colega patentearam o necessário para construir um elevador elétrico capaz de transportar passageiros para cima e para baixo num edifício metropolitano.

Mas era difícil penetrar no mercado da construção de elevadores: a Otis Elevator Company, que construía o modelo antigo de sistema hidráulico, praticamente detinha monopólio em todas as novas construções. Sprague alardeou que seus elevadores elétricos tinham uma performance melhor que qualquer sistema hidráulico, mas as construtoras relutavam em adotar uma tecnologia que ainda não tinha sido posta à prova. Sprague percebeu que, se quisesse desafiar a Otis Company, teria de assumir a maior parte do risco.

Ele precisava encontrar um edifício que lhe permitisse instalar seu sistema, e encontrou parceiros dispostos a isso: os construtores do Postal Telegraph Building, um prédio de catorze andares em Nova York. Negociaram um contrato para a instalação de seis elevadores. Os termos favoreciam os construtores: Sprague não receberia nenhum adiantamento. Para selar o acordo, ele concordou em arcar com a instalação de um sistema hidráulico caso o sistema elétrico não atendesse às expectativas.

Sprague trabalhou dia e noite para projetar, produzir e testar os componentes. Nesse meio-tempo, estava tendo dificuldade para pagar as contas. Bem quando conseguiu um grande investidor, houve um pânico

financeiro, que apertou o crédito e forçou o investidor a desistir. Sprague pôs dinheiro do próprio bolso na empresa para mantê-la solvente.

Quando o primeiro elevador finalmente foi instalado, Sprague anunciou que levaria sua equipe para a viagem inaugural. Os passageiros entraram pelo porão. A porta se fechou e o elevador começou a subir ao ser acionado: primeiro, segundo, terceiro andar... mas quando estava chegando ao último andar, Sprague percebeu que alguma coisa estava errada. O elevador não estava desacelerando. O carro passou pelo último andar e continuou subindo. No momento de sua consagração como pioneiros do elevador do futuro, Sprague e seus colegas estavam prestes a ir de encontro ao telhado.

***

O cérebro se torna criativo ao máximo quando troca a segurança pela surpresa, a rotina pelo desconhecido. Mas esses saltos mentais têm um preço: são arriscados. É impossível tentar alguma coisa sem precedentes e ter certeza do resultado.

A viagem de elevador de Sprague não foi sua primeira grande aposta. Poucos anos antes, ele estava ao pé de uma colina em Richmond, Virgínia, no escuro, preparando uma viagem de teste de seus bondes elétricos.

Os modelos antigos eram eletrificados a partir dos trilhos. Tinham enormes motores elétricos instalados no compartimento de passageiros, o que tornava a viagem quente e apertada. Sprague teve a ideia de levar os motores para debaixo do carro, aumentando o espaço nos compartimentos, e energizar os trens por meio de linhas elétricas aéreas suspensas acima dos trilhos.

Os primeiros resultados foram variados: numa das tentativas, o motor começou a soltar fagulhas, e um dos financiadores de Sprague saltou do bonde para se salvar. Ninguém se machucou, mas outros investidores se assustaram e desistiram do projeto. Percebendo a oportunidade de negociar um preço baixo, alguns empresários lhe deram noventa dias para entregar vinte quilômetros de trilhos e quarenta bondes elétricos. Ele só seria pago se e quando o sistema estivesse em operação.

Sprague sabia que estava sendo perigosamente ambicioso: tinha concordado em construir “quase tantos motores quanto os que estavam em

uso em todos os bondes em todo o resto do mundo”.[1] Como ele escreveria mais tarde: “Tínhamos apenas o diagrama de uma máquina, algum aparelhamento experimental e mil detalhes essenciais estavam indeterminados.”

O projeto teve um mau começo. Quando os trilhos estavam sendo assentados, Sprague contraiu febre tifoide. Depois que se recuperou, descobriu que a linha férrea tinha sido mal instalada, com junções frouxas e curvas fechadas perigosas. Pior ainda: descobriu que as colinas eram mais íngremes do que esperava, o que aumentou a dificuldade de criar um sistema operante. Sem saber se seus bondes conseguiriam vencer as subidas mais difíceis, Sprague decidiu testar o sistema à noite para não chamar atenção. O veículo transpôs diversas colinas, mas ao chegar ao topo os motores queimaram. Agindo como se nada estivesse errado, Sprague esperou que alguns observadores se afastassem para dar início aos reparos.

Enquanto isso, o tempo passava e o dinheiro estava acabando. O prazo original estourou, e Sprague foi obrigado a renegociar. Embora os empresários oferecessem um valor muito baixo, Sprague não tinha escolha, e aceitou as condições impostas — era aquilo ou fechar as portas. Sprague instruiu seu diretor financeiro a “cortar todo e qualquer homem de que pudesse se livrar [...] Cada dólar que puder ser poupado deve ser poupado, e o pagamento de toda conta que não precise ser quitada de imediato deve ser postergado”. Para reforçar, ele repetiu com todas as letras que não se pagassem contas que não fossem absolutamente necessárias.

Quando chegou o prazo final, os bondes elétricos de Sprague começaram a circular. Diante de probabilidades desanimadoras, ele obteve sucesso por um triz. Mas com seu salto no escuro, Sprague inventou o primeiro sistema de bondes elétricos e abriu um novo negócio. Sua empresa passou a transportar quarenta mil passageiros por semana. Sua inovação mostrou-se uma conquista duradoura. Características importantes do modelo de Sprague, como o motor instalado debaixo da carroceria e a fiação aérea, permanecem em uso até os dias de hoje.

Vamos avançar alguns anos até a nova grande aposta de Sprague: o elevador elétrico, razão pela qual ele estava no carro expresso do Postal Telegraph Building prestes a ser lançado pelos ares. Mais tarde ele contou que chegou a temer o pior: “Passou pela minha cabeça que seríamos

atirados contra as roldanas superiores, a 120 metros por minuto, haveria o estalo dos cabos se rompendo e então quatro segundos de queda livre do décimo quarto andar... Um emaranhado de seres humanos e metal seria examinado pelo médico-legista."

Felizmente, um membro da equipe de Sprague tinha ficado para trás. Ao perceber que o elevador havia disparado e estava fora de controle, ele desligou o disjuntor principal e o deteve. Antes que alguém fosse autorizado a usá-lo de novo, Sprague instalou mecanismos de segurança.

Sem se deixar intimidar pelo susto, ele seguiu em frente. Mas as pressões financeiras o abatiam. Pegou dinheiro emprestado para comprar mais peças, que seriam pagas com o que esperava receber. Por fim, Sprague atingiu a linha de chegada: seu elevador funcionou como prometido. Pouco depois, ele escreveu a um financista: "Trabalhei duro, e acredito que com confiança, mas enfrentei obstáculos dificílimos. Venci no aspecto técnico, e, se persistir um pouco mais, vencerei em todos os aspectos."

Graças não apenas a sua engenhosidade, mas também a sua tolerância ao risco, os elevadores em que entramos hoje descendem de seu projeto.

Uma invenção criativa geralmente requer muitos fracassos. Por causa disso, ao longo da história, novas ideias prosperaram em ambientes em que o erro é tolerado.

Vejamos o desafio enfrentado por Thomas Edison. Um dos problemas que frustraram as primeiras tentativas de inventar a lâmpada incandescente foi o do filamento, que se consumia muito depressa ou de modo desigual. Um dia, em 1879, Edison enrolou um pigmento de carbono puro para fazer um fio fino e o torceu em forma de ferradura: obteve, assim, um brilho forte e homogêneo. O filamento anunciava sucesso, mas Edison sabia que não conseguiria produzir uma lâmpada comercialmente viável com ele. Começou a buscar uma alternativa. "Vasculhando o depósito da natureza", ele testou plantas, polpas, celulose, pasta de farinha, papel de seda e celulose sintética.[2] Edison tentou mergulhar os filamentos em querosene e carbonatá-los com hidrocarbonetos gasosos. Finalmente concluiu que o bambu era a melhor opção. Tempos depois, ele diria: "Não exagero ao dizer que construí três mil teorias diferentes relacionadas à lâmpada elétrica, todas elas razoáveis e com grande probabilidade de estarem corretas. Mas só em dois casos meus experimentos comprovaram a verdade de minha teoria."

Edison não inventou a ideia da lâmpada elétrica — Humphry Davy havia feito isso 79 anos antes —, mas sua capacidade de gerar opções e sua coragem diante dos erros permitiu que ele inventasse a primeira versão produzida em massa. Como ele mesmo disse: "Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais seguro para o sucesso é tentar mais uma vez."[3]

Gerações depois, o físico e inventor americano William Shockley formulou uma teoria sobre a amplificação de sinais elétricos por meio de um minúsculo semicondutor. Mas havia um erro em seus cálculos, e durante quase um ano a teoria e os testes não bateram. Sua equipe fez experimento após experimento sem sucesso; eles estavam num labirinto sem saída. Foi um período desanimador, mas não desistiram. Finalmente, descobriram um jeito de materializar o efeito previsto por Shockley — e

saíram do labirinto rumo ao mundo moderno do transistor. Mais tarde, Shockley falaria desse período repleto de tentativas e erros como “o processo naturalmente atrapalhado de encontrar o caminho certo”.

Foi por meio desse processo de repetidos erros que James Dyson inventou o primeiro aspirador de pó sem saco. Foram necessários 5.127 protótipos e quinze anos para obter o modelo que finalmente chegaria ao mercado. Elogiando o erro, ele descreve assim o seu método:

> Há vários momentos em que um inventor pode desistir de uma ideia. Quando construí o décimo quinto protótipo, meu terceiro filho tinha nascido. Quando cheguei ao protótipo número 2.627, minha mulher e eu estávamos literalmente contando as moedas. No número 3.727, minha mulher estava dando aulas de arte para ganhar algum dinheiro extra. Foram tempos difíceis, mas a cada fracasso eu chegava mais perto de resolver o problema.[4]

Enquanto a Apollo 13 estava voando pelo espaço com o suprimento de oxigênio chegando ao fim, Gene Kranz disse aos engenheiros da NASA que "o fracasso não é uma opção". A missão de resgate deu certo, mas o final feliz não deve nos fazer esquecer que eles correram riscos reais. O fracasso é sempre uma opção. Nem mesmo grandes ideias têm sucesso garantido.

Vejamos Michelangelo. Vinte anos depois de pintar o teto da Capela Sistina, ele foi contratado para pintar um afresco que representasse o Juízo Final sobre o altar da capela. Ignorando a ortodoxia da Igreja, Michelangelo mesclou alegorias bíblicas à mitologia grega. Em sua representação do inferno cristão, ele pintou Caronte, o barqueiro grego do Hades, transportando os mortos, e o rei Minos julgando os condenados. Afastando-se ainda mais da tradição da Igreja, ele pintou muitas das figuras com a genitália exposta.

O afresco imenso logo suscitou controvérsias. Pouco depois de a obra ter sido desvelada, um enviado de Mântua escreveu a seu cardeal:

> Mesmo sendo a obra da maior beleza que Vossa Ilustríssima Excelência possa imaginar, não faltam, apesar disso, aqueles que a condenam. Os reverendos teatinos são os primeiros a dizer que não é correto que os nus "exponham suas partes" num lugar como esse.[5]

Um mestre de cerimônias do Vaticano disse com aspereza ao papa Paulo III que "aquilo não é obra para uma capela do papa, mas para saunas e tabernas".[6] Os cardeais pressionaram pela caiação da pintura. O papa ficou do lado de Michelangelo, mas posteriormente o Concílio de Trento decretou a proibição de exibições impróprias. Após a morte de Michelangelo, todas as genitálias do afresco foram recobertas, com tecidos e folhas de figueira sendo pintados por cima delas. Mais folhas foram acrescentadas em séculos posteriores.

No fim do século XX, quando *O Juízo Final* foi restaurado, algumas das folhas de figueira foram retiradas. Com as genitálias expostas, descobriram que um dos condenados era uma mulher. Mas os restauradores decidiram manter o conjunto original de folhas, considerando que o encobrimento tinha salvado o afresco de Michelangelo na mesma medida em que o desfigurara. Michelangelo se arriscou perante as autoridades religiosas, e por isso várias gerações de frequentadores da Capela Sistina nunca viram seu afresco no esplendor de sua nudez.

O compositor György Ligeti enfrentou um problema parecido com a recepção do público. Em 1962, ele foi encarregado pela cidade holandesa de Hilversum de compor uma obra para o aniversário de quatrocentos anos da cidade. Ligeti teve uma ideia nada convencional: uma peça para cem metrônomos. Todos seriam regulados para "tocar" o mesmo número de vezes, mas a diferentes velocidades; eles começariam juntos numa nuvem de som e parariam um a um, do mais rápido ao mais lento.

Na estreia, autoridades civis e dignitários se reuniram para o concerto comemorativo. Tocou-se música festiva. Então, no momento marcado, Ligeti e dez assistentes, vestindo smokings, entraram no palco. A um sinal do compositor, seus assistentes puseram os metrônomos para funcionar e deixaram-nos tocando até parar. Ligeti conta o que aconteceu quando a peça terminou: "O último tique do último metrônomo foi seguido de um silêncio opressivo. Depois vieram gritos ameaçadores de protesto."[7]

Passados alguns dias, Ligeti e um amigo se prepararam para assistir à transmissão do concerto pela televisão. "Sentamos diante da TV à espera da transmissão do concerto como estava programado. Mas no lugar dele mostraram um jogo de futebol [...] o programa tinha sido proibido por instância do senado de Hilversum."[8]

Da mesma forma que o afresco de Michelangelo, a peça de Ligeti sobreviveu — e tomou dimensões lendárias nos anos seguintes.

Mas o desfecho nem sempre é sobrevivência e aceitação. Em 1981, Richard Serra já era um artista reconhecido quando foi incumbido de criar uma instalação para o prédio de uma repartição federal em Manhattan. Apresentou o *Tilted Arc*: uma peça curva de aço com 36 metros de comprimento e 3,5 metros de altura, projetada para interferir no trajeto dos pedestres no pátio da frente. Mas muita gente não queria um obstáculo no caminho para o escritório, e assim um protesto contra a "parede de metal enferrujado" foi organizado. Cerca de duzentas pessoas se

pronunciaram nas audiências públicas. Os adversários da obra diziam que era “ameaçadora” e uma “ratoeira”. Outros artistas depuseram em favor de Serra, que também defendeu sua obra. Ainda assim, o júri votou pelo desmonte da escultura com quatro votos a favor e um contra. O *Tilted Arc* foi cortado em pedaços e removido. Serra queria interromper a rotina, mas a hora e o lugar para isso não era enquanto os nova-iorquinos corriam para o trabalho. O *Tilted Arc* nunca mais foi visto.

A cultura humana está repleta de ideias rejeitadas pelo público e relegadas ao esquecimento. O incansável inventor Thomas Edison perguntou a si mesmo por que os trabalhadores americanos deveriam investir num piano Steinway quando outras alternativas poderiam ser muito mais acessíveis. Desejando levar a música para dentro de todas as casas de classe média, ele inventou um piano de concreto. Poucas unidades foram construídas pela Lauter Piano Company na década de 1930. Infelizmente, a qualidade do som era inferior, e o piano literalmente pesava uma tonelada. Ninguém queria um instrumento de concreto decorando a sala de estar.

O Tilted Arc*, de Richard Serra*

É impossível controlar a recepção de uma ideia: por mais excelente que pareça a seu criador, ela pode encontrar resistência. Em 1958, a Ford Motor Company produziu um carro experimental, apelidado "E-car", para concorrer com as linhas da Oldsmobile e da Buick. O carro da Ford tinha várias características visionárias, como cintos de segurança como item básico, luzes de advertência para indicar o nível do óleo e o superaquecimento do motor e um sistema de transmissão inovador, com a caixa de marchas acionada por um botão. A Ford assegurou seus investidores de que tinha um sucesso nas mãos. Contudo, a montagem do carro se fez em tal sigilo que a empresa não aplicou testes de mercado. Apresentado no "Dia E", o Ford Edsel foi um dos maiores fiascos da história automotiva: o estilo do carro, principalmente a grade dianteira "parecida com um vaso sanitário", foi amplamente ridicularizado. Estima-

se que a empresa tenha perdido 350 milhões de dólares em três anos — ou cerca de 2,9 bilhões de dólares em valores atuais.

Poucas décadas depois, a Coca-Cola, que estava perdendo mercado para a rival Pepsi, reformulou sua principal bebida: a Nova Coca foi apresentada em 1983, com o slogan "A melhor ficou ainda melhor". Infelizmente, o público discordou. A rejeição foi enorme. Ligações hostis sobrecarregaram a linha telefônica da empresa. Chegou uma carta dirigida ao "Idiota-mor, a Coca-Cola Company". Um homem de Seattle entrou com uma ação coletiva contra a empresa. Até o ditador cubano Fidel Castro reclamou. Depois de 77 dias difíceis, a fórmula original voltou, com o nome de Coca Clássica. E a Nova Coca seguiu o caminho do Edsel e do piano de concreto.

Nem toda ideia é acolhida. Michelangelo, Ligeti, Serra, Edison, a Ford e a Coca-Cola perceberam que o sucesso nunca é garantido quando se tenta uma coisa nova. Todos eles tiveram muitas vitórias, mas nunca deixaram de arriscar.

Em 1665, em seu leito de morte, o matemático francês Pierre de Fermat propôs um elegante teorema na margem de um livro, e então percebeu que não tinha espaço suficiente para a demonstração. Morreu sem registrá-la. Gerações de matemáticos tentaram sem sucesso descobrir a demonstração misteriosa; muitos passaram a vida toda trabalhando no teorema e morreram sem solucioná-lo. Ninguém tinha certeza se Fermat estava certo ou se ao menos uma demonstração era possível.

Aos dez anos, Andrew Wiles tomou conhecimento do Último Teorema de Fermat ao pegar um livro, ao acaso, numa biblioteca pública. "Parecia tão simples, mas nenhum dos grandes matemáticos da história tinha conseguido resolvê-lo. Ali estava um problema que eu, um menino de dez anos, conseguia entender, e naquele momento eu soube que nunca o abandonaria."[9]

Tentar resolver o Último Teorema de Fermat era uma meta ambiciosa. Já adulto, Wiles trabalhou no problema em segredo durante sete anos. Estava tão inseguro sobre sua chance de sucesso que só revelou esse projeto a sua namorada depois que se casaram.

Na tentativa de resolver o problema, Wiles mesclou técnicas matemáticas que nunca tinham sido usadas em conjunto. De forma criativa, utilizou métodos muito mais avançados do que aqueles aos quais Fermat tivera acesso. Finalmente, em junho de 1993, ele aguardou os momentos finais de uma palestra que estava dando em Cambridge, na Inglaterra, para anunciar que tinha conseguido — ele tinha solucionado o Último Teorema de Fermat. A plateia ficou eletrizada. Em questão de horas, a novidade virou manchete no mundo inteiro. Foi uma ocasião histórica: um mistério matemático que resistira mais de três séculos finalmente havia sido desvendado.[10] Enquanto seus pares aguardavam a publicação da descoberta, Wiles aparecia na mídia mundial. Depois de anos de trabalho árduo num dos problemas intelectuais mais persistentes da humanidade, ele ganhou celebridade internacional.

Mas Wiles tinha cometido um erro. Os avaliadores do seu artigo encontraram uma lacuna em sua lógica. Seis meses depois do anúncio

confiante, sua demonstração foi invalidada.

Em setembro daquele ano, a mulher de Wiles lhe disse que tudo o que queria de aniversário era a demonstração correta do teorema. O aniversário passou, assim como o outono e o inverno. Wiles tentou todos os métodos possíveis para preencher as lacunas, mas nada funcionava.

Até que, em 3 de abril de 1994, ele recebeu um e-mail anunciando que outro matemático tinha descoberto um número muito grande que violava o Último Teorema de Fermat. Era o que Wiles sempre temera: o motivo pelo qual sua demonstração estava errada era que *o teorema* estava errado. De todos os riscos envolvidos em dedicar sua vida a um desafio tão grande, esse era insuperável. Ele tinha apostado sua carreira em algo que não era verdade.

Mas acontece que o e-mail encaminhado a Wiles em 3 de abril tinha sido enviado originalmente em 1º de abril, dia da mentira, como uma pegadinha. Com as esperanças renovadas, Wiles continuou trabalhando. Naquele mesmo ano, ele corrigiu a demonstração. "Era indescritivelmente bela, tão simples, tão concisa. Eu não conseguia entender como não cheguei a ela antes, e fiquei olhando-a, incrédulo, por uns bons vinte minutos. Durante o dia, andei pelo departamento, mas voltava até minha mesa toda hora para ver se ela continuava lá. Ela continuava lá."

O presente de aniversário chegou com um ano de atraso, mas Wiles deu a sua mulher a demonstração correta. A aposta de sua vida tinha valido a pena: sem desistir diante dos próprios erros, Wiles acabou cruzando a linha de chegada.

Até onde sabemos, um empreendimento desse tipo não seria possível em nenhum outro lugar do reino animal: tubarões, garças e tatus não se dedicam a projetos arriscados de longo prazo. Iniciativas como a de Wiles só são encontradas entre os seres humanos. Elas requerem o adiamento da recompensa numa escala de décadas: uma recompensa abstrata, imaginária, determina o comportamento e estimula o avanço.

O software da criatividade já vem instalado no disco rígido humano, pronto para entortar, quebrar e mesclar o mundo ao nosso redor. O cérebro gera um leque de novas possibilidades, a maior parte das quais não dá certo, mas algumas, sim. Nenhuma outra espécie se dedica a reimaginar o mundo com tanta vitalidade e persistência.

Mas apenas rodar esse software não basta. Os atos mais criativos surgem quando o passado não é tratado como sacrossanto, mas como alimento de novas criações — quando renovamos o imperfeito e remodelamos o apreciado. A inovação ganha asas não quando o cérebro gera apenas um esquema, mas muitos deles, com ideias a diferentes distâncias daquilo que já é conhecido e aceito. Assumir riscos e ter coragem diante dos erros impulsionam esses voos da imaginação.

Quais são as lições que aprendemos a respeito da criatividade e da inovação? Um bom hábito é não se agarrar à primeira solução. O cérebro é uma rede interconectada, mas, por ter sido feito para ser eficiente, tende a ir direto para a resposta mais comum. Dificilmente será catapultado de primeira para ideias mais ousadas. Leonardo da Vinci sempre desconfiava da primeira solução para um problema — acreditando que podia ser o resultado de uma rotina arraigada — e vasculhava em busca de outra melhor.[11] Sempre se esforçou para não seguir a lei do menor esforço e para descobrir o que mais havia escondido na riqueza de suas redes neurais.

De Einstein a Picasso, as pessoas responsáveis pelos maiores avanços eram prolíficas — um lembrete de que a *produção* está no cerne da mentalidade criativa.[12] Como tantas outras atividades humanas, a criatividade se fortalece com a prática.[13]

Um exame das mentalidades criativas também revela a importância de abandonar a própria zona de conforto. Os inovadores não passam muito tempo se repetindo; é por isso que a vida de muitos artistas e inventores é dividida em “períodos”. Mesmo conforme envelheciam, Beethoven e Picasso continuaram produzindo obras variadas e experimentais. Edison começou sua carreira com fonógrafos e lâmpadas elétricas e terminou com

borracha sintética. Para esses criadores, não se imitar era uma estratégia. A dramaturga Suzan-Lori Parks, ganhadora do Pulitzer, seguiu a mesma estratégia quando se propôs a escrever uma peça por dia durante um ano.[14] O calendário completo dessas obras vai de cenas curtas realistas a peças conceituais e improvisação, sempre rompendo com a que veio antes.

Boa parte do pensamento criativo é subconsciente, mas podemos estimulá-lo nos colocando em situações que requeiram engenho e pensamento flexível. Em vez de depender de coisas prontas, todos nós temos ocasião de tentar de tudo, desde novas receitas culinárias a cartões ou convites feitos a mão. E os espaços públicos para expressão criativa estão se multiplicando: em várias cidades pelo planeta, as Maker Faires reúnem entusiastas de tecnologia, artesãos, produtores de alimentos caseiros, engenheiros e artistas. FabLabs, Makerspaces e TechShops estão proliferando, com suas ferramentas comunitárias para fazer obras de arte, joias, artesanato e aparelhos eletrônicos. Comunidades criativas florescem na internet, trazendo para nossos computadores os cafés dos artistas e as garagens dos hackers. Graças à natureza popular desses projetos, as savanas do território criativo estão verdejando ao nosso alcance.

O cérebro é plástico: em vez de enrijecer, está constantemente reconfigurando seu próprio circuito. Mesmo conforme envelhecemos, as novidades estimulam a plasticidade, e cada surpresa grava novas rotas. A reformulação do circuito é permanente; passamos a vida como obras inacabadas. Uma vida criativa ajuda a manter essa flexibilidade. Ao remodelar o mundo, também nos remodelamos.

Agora, como podemos usar um melhor entendimento da criatividade para aprimorar tudo, de escolas a diretorias de empresas?

PARTE III

CULTIVAR A CRIATIVIDADE

CAPÍTULO 11

A EMPRESA CRIATIVA

OS DESAFIOS DAS EMPRESAS CRIATIVAS

Em 2009, trabalhadores que demoliam uma ponte em Burbank, Califórnia, encontraram uma cápsula do tempo enterrada pelo urbanista Kenneth Norwood em 1959. Ele previa que no futuro os cidadãos de Burbank morariam em prédios feitos de plástico cuja eletricidade seria fornecida por energia atômica transmitida por ondas subterrâneas. As vias públicas da cidade estariam transformadas: vagas nas ruas e nos estacionamentos seriam substituídas por um sistema centralizado e automatizado. Para reduzir o congestionamento do trânsito, as encomendas seriam entregues por um sistema de cinturão subterrâneo parecido com os tubos pneumáticos que distribuíam a correspondência antigamente.[1] Era uma visão articulada e inventiva, mas nada disso se concretizou.

Norwood não foi o único a consultar uma bola de cristal pouco confiável. As feiras mundiais são fóruns internacionais de inovação, mas são invariavelmente ruins em prever as próximas grandes descobertas. A Feira Mundial de Chicago em 1893 atraiu milhões de pessoas a um enorme espaço para ver os novos tipos de moinho de vento, navios a vapor, telégrafos, iluminação elétrica e o telefone. Era uma visão ousada do amanhã. No entanto, não havia em exibição nem automóveis nem rádios, inventos que em menos de duas décadas transformariam a sociedade.[2] Da mesma forma, num tempo em que os computadores ocupavam salas inteiras, nenhum dos expositores de casas do futuro na Feira Mundial de Nova York de 1964 foi capaz de enxergar que poucas décadas à frente o computador de mesa se tornaria um aparelho essencial da vida moderna. No espelho retrovisor da história, esses marcos tecnológicos se agigantam na estrada do progresso. Mas, para os que estão dirigindo rumo ao amanhã, as placas parecem envoltas em névoa. E como diz um provérbio dinamarquês: “Prever é difícil — principalmente o futuro.” A cada momento, bilhões de cérebros estão digerindo o mundo e expelindo novas versões dele — ou seja, nossa inventividade gera uma reação de surpresas em cadeia. Assim, o futuro é difícil de prever, e não há aposta segura.

Por causa disso, muitas ideias boas morrem. No início da era do automóvel, muitas fábricas de carros quebraram, entre elas a ABC, a Acme, a Adams-Farwell, a Aerocar, a Albany, a ALCO, a American Napier, a American Underslung, a Anderson, a Anhut, a Ardsley, a Argonne e a Atlas — para mencionar só as que começam com A.[3] No campo dos videogames, a Sears Tele-Games, a Tandyvision, a Vectrex e a Baily Astrocade ficaram pelo caminho devido à contração do ramo em 1983. Quando estourou a bolha ponto.com, em 2000, empresas como a Boo.com, a Freeinternet.com, a Garden.com, a Open.com, a Flooz.com e a Pets.com faliram, custando centenas de milhões de dólares aos investidores. Empresas de biotecnologia têm uma taxa de falência de 90%: nos últimos anos, a Satori, a Dendreon, a KaloBios e a NuOrtho estão entre as empresas que quebraram. Muitos desses nomes foram esquecidos, portanto não temos real dimensão de quantos cadáveres se encontram nos campos da inovação. Só existe um Beethoven para cada cem compositores de Viena, e só há um Chevy para cada cem Clarkmobiles.

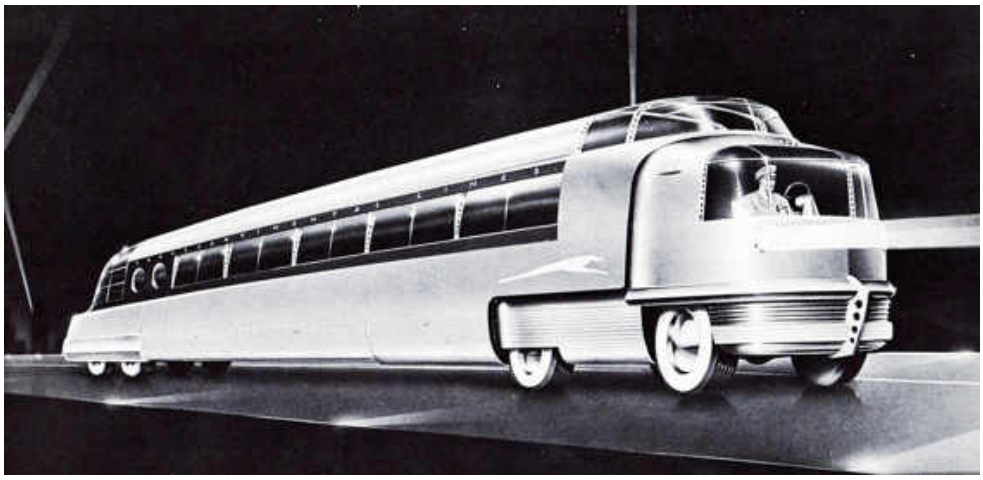
Mesmo quando sobrevivem, as ideias podem ter vida curta. Em 1901, Orville Wright estava dando uma palestra sobre as perspectivas do voo humano quando lançou uma folha de papel ao ar. Enquanto a plateia olhava, absorta, Wright disse que o papel pinoteava no ar como um "cavalo chucro". E declarou: "Esse é o tipo de montaria que o homem precisa aprender a domar antes que o voo se torne um esporte corriqueiro."[4] Na época, existiam planadores que podiam aproveitar correntes de ar, mas praticamente não havia meio de dirigi-los: as máquinas flutuantes ficavam à mercê do vento. Para resolver esse problema, os irmãos Wright inventaram uma forma de flexionar as asas: eles conduziam a aeronave usando cabos. Quando o Kitty Hawk subiu aos ares em 1903, curvar a asa permitiu que ele se virasse, inclinasse e fizesse o primeiro voo humano bem-sucedido.

Muito embora os irmãos Wright tenham sido celebrados nos Estados Unidos e na Europa, a técnica de curvar a asa — a base de sua conquista monumental — estava se tornando obsoleta. O cientista britânico Matthew Piers Watt Boulton já havia patenteado o conceito de *aileron* (painéis articulados) em 1868, e, pouco depois da proeza dos irmãos Wright, um aviador francês chamado Robert Esnault-Pelterie construiu um planador usando o invento de Boulton.[5] Após uma década, o sistema dos irmãos Wright era coisa do passado, já que os *ailerons* (usados até hoje em todos

os aviões modernos) mostraram-se mais estáveis e confiáveis. A ideia "certa" dos irmãos morreu pouco depois de seu feito pioneiro.

Qualquer empresa que queira assumir a liderança na inovação precisa lutar com um problema triplo: é difícil prever o futuro, a maior parte das ideias morre e mesmo grandes conceitos podem não perdurar. Então o que fazem as empresas criativas?

Na década de 1940, a Greyhound Bus Lines queria modernizar as viagens de ônibus. Mas seria o momento certo? Os Estados Unidos acabavam de emergir da Grande Depressão, e agora estavam envolvidos numa guerra mundial. Por conta disso, todos os executivos estavam conduzindo seus negócios de modo conservador. Mesmo assim, a empresa queria pensar à frente, num futuro de prosperidade, e convidou o desenhista industrial Raymond Loewy para desenvolver ideias inovadoras a respeito de como seriam os ônibus do futuro. Loewy apresentou o SceniCruiser — um novo tipo de transporte coletivo capaz de convencer mais pessoas a deixarem o carro na garagem e viajarem juntas pelo país de ônibus. Para acomodar um grande número de passageiros, o SceniCruiser teria a maior distância entre os eixos já projetada até então. Pela primeira vez, um ônibus seria equipado com um sistema de ar condicionado e banheiro, e também com assentos de cores combinadas, amplos bagageiros superiores e um andar de cima com tetos solares e um lounge. Com esse novo design, as famílias poderiam fazer viagens pelo país em grande estilo, aproveitando a paisagem do lado de fora e o conforto do lado de dentro.



Um dos primeiros esboços do SceniCruiser

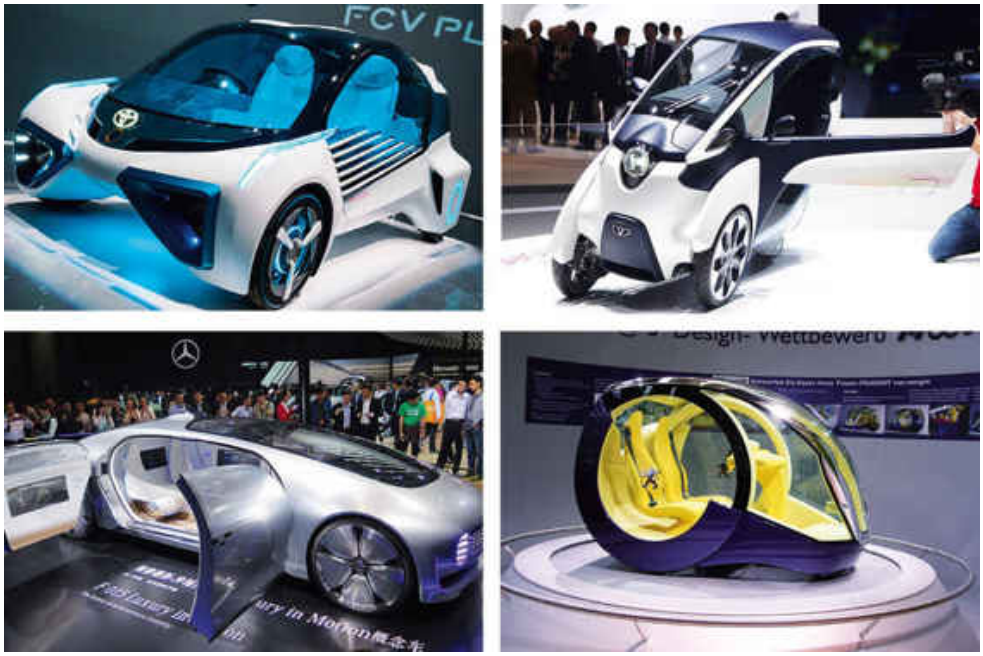
A proposta era audaciosamente ultramoderna. Loewy projetou seu ônibus em 1942, sabendo que o instrumental e o processo de fabricação necessários ainda não existiam e provavelmente demorariam anos.[6] Mas ele queria marcar o início de um novo caminho.

Para um país que havia muito não conhecia a prosperidade, era um conceito radical. Não tinha como o ônibus funcionar daquele jeito: a enorme distância entre os eixos fazia dele um veículo longo demais para as estradas e pontos de parada. Mas os executivos da Greyhound perceberam que o projeto de Loewy era promissor, e pouco depois da vitória dos Aliados na Segunda Guerra Mundial a empresa começou a construir protótipos. Como os Estados Unidos do pós-guerra se dedicaram a melhorar as estradas e a construir um sistema de autopistas interestadual, o palco finalmente estava montado para a estreia do SceniCruiser. Em 1954, o primeiro modelo saiu da garagem da Greyhound. Tornou-se o ônibus de turismo mais popular de sua época.

Versão aperfeiçoada do SceniCruiser da Greyhound

Pensando além das normas vigentes, a Greyhound preparou-se para os tempos de mudança. Como disse o desenhista industrial Alberto Alessi: "A zona do 'possível' é onde criamos produtos que o consumidor vai amar e comprar. A zona do 'impossível' é representada pelos novos projetos que as pessoas ainda não estão preparadas para entender ou aceitar." Empresas criativas procuram funcionar no limite do possível.

Ultrapassar a fronteira é parte do processo. Os projetistas de carro não trabalham apenas no modelo do ano atual ou do seguinte; eles voam para o futuro distante, desenhando carros conceituais com assentos giratórios, entrada pelo para-brisa e formatos extravagantes.



O FCV Plus da Toyota, o Mercedes F 015, o i-Car da Toyota e o Peugeot Moovie

Será que eles esperam construir esses carros conceituais na próxima década? Pode ser que sim, pode ser que não. Vejamos o modelo Biome, da Mercedes-Benz. Para evitar os danos ambientais representados pelos ferros-velhos, os engenheiros da empresa idealizaram um carro biodegradável que se veria, se perceberia e se dirigiria como um carro tradicional, mas cresceria totalmente a partir de sementes. O combustível do carro, de emissão zero, não seria armazenado num tanque, mas fluiria pelas rodas e pelo chassi. O teto solar orgânico energizaria seus componentes.

Por enquanto, o Biome só existe no computador: a Mercedes não tem planos de produzi-lo. O objetivo de um carro conceitual não é *ser* o próximo modelo. A ideia é focar numa possibilidade de longo alcance. Isso permite o aperfeiçoamento do próximo passo ao examinar o que está no horizonte distante — quer a sociedade vá ou não nessa direção.

O Biome da Mercedes-Benz

Acontece a mesma coisa na alta-costura, em que a moda se estende em direção ao futuro.

Alta-costura por Pierre Cardin, Antti Asplund e Viktor&Rolf (os dois últimos)

Ninguém pretende usar roupas de vanguarda como as que vemos acima — pelo menos não agora, e talvez nunca. Mas o ato de voar para longe da colmeia apura a visão do que é possível. Como disse o pintor Philip

Guston: “A consciência humana se move, mas não de um salto: é um centímetro. Um centímetro é um pequeno salto, mas esse salto é tudo. Você avança para longe, depois tem de voltar atrás — para saber se pode mesmo avançar aquele centímetro.”

Como não se sabe de antemão onde repousa o néctar do sucesso comercial, as empresas criativas regularmente percorrem diferentes distâncias a partir da colmeia. Os americanos conhecem a Lowe como uma grande varejista de utensílios para a casa, desde assentos para vaso sanitário a geradores domésticos. Mas ela também fez algo mais voltado para o futuro: contratou uma equipe de escritores de ficção científica com o propósito de ajudá-la a visualizar a casa do futuro. A equipe inventou o Holoroom: os clientes, em vez de levar amostras de tinta e tecidos de decoração da loja para casa, agora recriam a casa em realidade virtual e experimentam os artigos da Lowe numa simulação tridimensional em tamanho real. Os funcionários da loja apelidaram esse dispositivo de “salvador de casamentos”.[7]

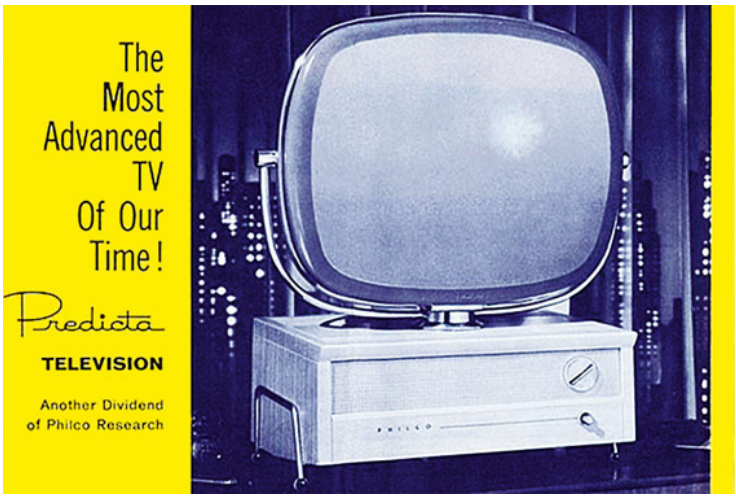
O Holoroom do Laboratório de Inovações da Lowe em ação

A Microsoft, por sua vez, está ocupada construindo sua próxima geração de centros de processamento de dados, mas se deparou com um problema crucial: os enormes circuitos geram muito calor. Por isso, está testando tanques submersos à prova d’água que abrigariam os servidores nas profundezas do oceano. Levando em conta que as placas-mãe não são compatíveis com a água, usar a água do mar para resfriar o equipamento está bem longe da prática habitual. Há muitas perguntas sem resposta, inclusive sobre o impacto ambiental — mas, se a ideia der certo, os

servidores submersos podem ser a nova onda do futuro. O primeiro protótipo voltou a terra firme em segurança, coberto de craca.[8]

Com uma disposição similar, a Fisher-Price está sempre atualizando seus berços, carrinhos de bebê e brinquedos, mas com um olho na próxima geração de pais: ela estuda como o progresso tecnológico vai impactar o modo de criar os filhos no futuro. Sua linha "Pais do Futuro" mostra um berço hipotético com monitores de saúde embutidos, uma projeção holográfica na parede que acompanha a altura da criança e uma janela que pode ser usada como quadro-negro digital para treinar ortografia. Como diz a Fisher-Price: "Algumas das tendências que examinamos estão prestes a aparecer. Algumas podem nunca aparecer. Mas inspirados pela própria infância, um processo em aberto, nos dispomos a imaginar as possibilidades no desenvolvimento de uma criança [...]"

Avaliar onde fica a fronteira do possível pode ser difícil. Vejamos o televisor Philco Predicta do fim da década de 1950. Tinha atributos que nenhum aparelho anterior apresentara: uma tela relativamente plana e um mecanismo para girar. Um anúncio do modelo apregoava: "Vire para a sala de jantar durante a refeição... Depois vire para a sala de estar!"[9]



Mas os consumidores rejeitaram o Predicta. Ele havia se virado bravamente para o futuro, mas caiu no território que Alessi chama de "impossível". Fanáticos por televisão mais tarde o apelidaram de "Edsel dos televisores". Depois de dois anos no mercado, a Philco fechou a divisão que produzia o Predicta.

De forma parecida, o designer Philippe Starck e a empresa de Alberto Alessi passaram cinco anos desenvolvendo a elegante e reluzente chaleira Hot Bertaa, em que a alça e o bico eram a mesma peça.

Alessi depois desistiu da chaleira. Seu design singular acabou fazendo com que ela não obtivesse aceitação do público. Alessi a considera "nosso mais belo fiasco [...] Gosto de fiascos porque são o único momento em que um raio de luz pode ajudar a ver onde está o limite entre sucesso e fracasso".[10] É uma "experiência inestimável", diz ele, que ajuda a empresa a desenvolver novos projetos.

É difícil saber qual opção vai sair vencedora, por isso é tão essencial as empresas apoiarem ideias diversas. Um de nós (David), juntamente com um aluno (Scott Novich), criou um colete sensorial: o Versatile Extra Sensory Transducer, ou Vest (transdutor extrassensorial versátil), que faz os surdos ouvirem convertendo os sons em padrões de vibração transmitidos ao torso. Graças à plasticidade neural, o cérebro aprende a interpretar o mundo sonoro por meio dos sinais captados pela pele. Mas o Vest não fica só nisso: pode ser usado para repassar dados sobre o estado do avião aos pilotos, o estado da Estação Espacial Internacional aos astronautas, o estado de uma perna artificial aos amputados, o estado de saúde de uma pessoa (coisas que não podem ser vistas a olho nu, como pressão sanguínea e a saúde do microbioma) ou as operações das máquinas de uma fábrica. Ele pode se conectar diretamente à internet para transmitir dados do Twitter ou do mercado de ações para o usuário em tempo real. Pode ser usado para sentir robôs a distância, inclusive, um dia, na Lua. O Vest também pode enviar fluxos de dados em infravermelho ou ultravioleta. Qual desses usos vai ser adotado pelo mercado? Ninguém

sabe. Mas a empresa de David e Scott está explorando um vasto campo de aplicações.

Demonstração do NeoSensory Vest

A distribuição de sementes por uma grande área é importante; mesmo pequenos investimentos em ideias ousadas podem dar frutos. Na década de 1960, a Xerox Corporation já dominava o mercado de fotocópias quando divisou outra possibilidade: seriam necessárias impressoras para computador. Para atuar nesse mercado, seus executivos acharam que podiam se valer da tecnologia existente, como um tubo de raios catódicos ou talvez um cilindro de rotação contínua de caracteres alfanuméricos. A pesquisa já estava em andamento quando Gary Starkweather, especialista em ótica da sede da empresa em Rochester, propôs uma alternativa maluca: laser.

A direção da Xerox tinha muitas razões para acreditar que isso não daria certo. O laser é caro, difícil de operar e potente. Os colegas de Starkweather temiam que um feixe de laser viesse a gravar imagens, criando imagens "fantasmas" de impressões anteriores. Parecia bastante claro que laser e impressão não dariam certo juntos.

Apesar dessas ressalvas, o centro de inovações da Xerox em Palo Alto deu uma oportunidade à ideia de Starkweather, levando-o para lá e dando-lhe uma minúscula equipe de pesquisa. Como Starkweather recordou mais tarde, "um grupo tinha cinquenta pessoas, outro tinha vinte. Eu tinha duas".[11] Ele temia estar com menos poder de fogo, principalmente porque

seus rivais trabalhavam com tecnologias já comprovadas. Starkweather estava chegando cada vez mais perto de um modelo funcional — mas os outros grupos que pesquisavam impressoras na Xerox também.

Finalmente, as equipes rivais montaram uma competição interna. Cada modelo tinha de imprimir corretamente seis páginas: uma com texto digitado, outra com linhas quadriculadas e as demais com imagens. Foi nesse momento que as vantagens do modelo de Starkweather ficaram evidentes. “Quando nos decidimos por aquelas seis páginas, eu soube que tinha ganhado, porque sabia que não existia nada que eu não pudesse imprimir. Está de brincadeira? Tudo o que você conseguir traduzir em bits, eu consigo imprimir.” Semanas depois da competição, as outras unidades de pesquisa de impressora foram dissolvidas. O voo de Starkweather para longe da colmeia tinha triunfado, e a impressora a laser se tornou um dos produtos de maior sucesso da empresa.

A Xerox levou a melhor por ter apoiado a diversificação de ideias e abordagens, ainda que com pequenos investimentos. Como disse Benjamin Franklin: “Se todos estão pensando a mesma coisa, ninguém está pensando.” Como o terreno está sempre mudando, as companhias espertas distribuem sementes por uma grande área para encontrar as amostras de solo fértil.

Diversificar opções é apenas a metade da história; jogar a maior parte das opções no lixo é a outra metade. Como disse Francis Crick, “o homem perigoso é o que só tem uma teoria, porque vai lutar até a morte por ela”.[12] A melhor abordagem, segundo Crick, é ter uma porção de ideias e deixar a maior parte delas morrer.

Vejamos o processo que normalmente está na base do desenho industrial. Quando a Continuum Innovation se propôs a construir um laser para alisar a pele, começou por definir os atributos desejados para o equipamento — neste caso, profissional, sofisticado, elegante, simples, inteligente. Cada membro da equipe de criação rascunhou ideias num caderno pessoal. Depois, transformaram as melhores ideias em desenhos mais precisos, num espectro que ia do trivial ao ousado. Foi o começo do que a Continuum chama de “funil de ideias”. A equipe então se reuniu para reduzir o número a umas poucas opções viáveis.

Protótipos da Continuum Innovation para o laser dermatológico

Os projetos escolhidos foram aperfeiçoados e submetidos a testes de mercado. Os designers descobriram que as mulheres entrevistadas tinham medo de se machucar e de o laser apresentar um risco de incêndio. Com isso, a equipe compreendeu que era importante o laser ter a aparência de

um instrumento médico, mecanismos de segurança internos e ser fácil de usar. Isso reduziu ainda mais as opções. Depois vieram os testes de aparência, com modelos que podiam ser segurados nas mãos, seguidos de testes de intenção de compra para saber quais deles os clientes realmente comprariam. Do longo funil de ideias, surgiu um vencedor inconteste. O processo da Continuum dependia da multiplicação: os membros da equipe criativa foram encarregados de explorar diversas alternativas, e também estavam dispostos a descartar a maior parte delas. Para eleger um campeão, precisaram ter muitos candidatos.

Não é fácil prever qual solução vencerá, por isso é essencial ter um espectro de opções que vá do comum ao radical. Assim que surgiram os caixas eletrônicos, os usuários costumavam se sentir vulneráveis ao sacar dinheiro em lugares públicos. O banco Wells Fargo contratou a empresa de design IDEO para ajudá-lo. A IDEO testou muitas ideias, entre elas dispositivos caros como periscópios e câmeras de vídeo.[13] Mas a solução definitiva foi incrivelmente comum: um espelho convexo, semelhante ao usado por caminhoneiros. O espelho dava ao usuário do caixa uma vista panorâmica da rua às suas costas, permitindo-lhe avaliar as redondezas. É tentador concluir que o Wells Fargo não precisava de uma firma de inovação para ter a ideia de instalar espelhos nos caixas eletrônicos, mas, ao explorar diferentes distâncias, a IDEO foi capaz de determinar a solução ideal.

Ter um amplo funil de ideias no começo é essencial para o processo, e o comprimento do funil pode ser encurtado por reformulações rápidas. Vejamos o braço de pesquisa e desenvolvimento da Google, chamado X. Para projetar e filtrar novos produtos com agilidade, o X criou as equipes Home e Away: “dentro” e “fora”. Quando a Google teve a ideia de um computador vestível — o Google Glass —, a equipe Home foi incumbida de criar rapidamente um modelo funcional. Usando um cabideiro, um projetor barato e um protetor plástico de documentos como tela, a equipe Home construiu o primeiro protótipo do Glass em um dia. A tarefa da equipe Away foi percorrer lugares públicos, como shoppings, e obter o máximo de feedback possível de potenciais consumidores.

Um dos primeiros modelos do Google Glass pesava quatro quilos — estava mais para um capacete do que para um par de óculos. A equipe Home achou que tinha descoberto a pólvora quando conseguiu reduzir o peso do aparelho até ficar mais leve que um par de óculos normal. Mas

não foi o bastante. A equipe Away descobriu que a questão não era apenas o peso: era o ponto onde o peso recaía. Os usuários não gostaram de sentir muita pressão na ponte nasal. Então a equipe Home descobriu como transferir o peso para as orelhas. Por meio do processo simbiótico de geração e filtragem de ideias, o Projeto Glass refez rapidamente múltiplas versões do protótipo inicial até chegar a um produto elegante, funcional e pioneiro que foi lançado no mercado em 2014.

Mas nem mesmo essa versão passou no filtro da Google. A ideia tinha problemas de privacidade insuperáveis, sendo o principal o fato de que os transeuntes não querem ser gravados. Mas abandonar o Glass não prejudicou a Google: seus engenheiros e designers integraram outras equipes, utilizando em outros projetos o que haviam aprendido. Afinal, o Google Glass era apenas um dos muitos frutos da árvore da empresa, e nem era o melhor. A Google tem vários outros, por isso não receou abandonar o que não estava funcionando.

Gerar ideias e jogar fora a maioria delas pode parecer um desperdício, mas é a essência do processo criativo. Num mundo em que tempo é dinheiro, o obstáculo é que as horas dedicadas a esboçar e fazer *brainstorm* podem ser vistas como perda de produtividade. É tentador otimizar as ações, porque as horas de trabalho estão contadas e o mercado está evoluindo. A história da 3M Corporation nos serve de advertência. Durante a maior parte do século passado, essa multinacional foi considerada uma campeã da inovação, com um terço de suas vendas gerado por produtos novos e recentes.[14] Até que, em 2000, um novo CEO assumiu o comando. Numa tentativa de maximizar lucros, ele aplicou a eficácia do processo de fabricação ao departamento de pesquisa e desenvolvimento. Os pesquisadores tinham de remeter relatórios sobre seu progresso. Variações no processo eram malvistas. Retornos mensuráveis eram essenciais. O resultado? As vendas de produtos novos caíram 20% em cinco anos. Quando o CEO saiu, seu substituto removeu os grilhões do departamento de pesquisa e desenvolvimento e ele se recuperou: mais uma vez, um terço das vendas da 3M passou a vir de novos produtos.

A especulação é um trampolim necessário para a inovação, mesmo que termine em becos sem saída na maior parte das vezes. Por causa disso, as empresas inovadoras não tratam a diversificação de ideias como desperdício de tempo ou de esforço. Por exemplo, a firma indiana Tata patrocina um prêmio chamado Ouse Tentar, concedido a uma ideia

inovadora que tinha ajudado a empresa a entender o que *não* dá certo. No primeiro ano, só três propostas foram inscritas. Mas, à medida que os funcionários da Tata ficaram mais à vontade para expor suas iniciativas fracassadas, esse número chegou a 150.

Da mesma forma, o X, da Google, recompensa seus funcionários por tiros ambiciosos que não atingem o alvo. "Não acredito que exista um ambiente de aprendizado livre de erros", diz Astro Teller, do X. "Os erros saem barato se cometidos no início. Os erros custam caro se cometidos no fim."[15] O cemitério da Google está repleto de ideias que não deram certo: o Google Wave (uma experiência de transmissão de conteúdo maior que o e-mail, mas mais confusa), o Google Lively (parecido com o Second Life), o Google Buzz (um leitor de RSS), o Google Video (concorrente do YouTube), o Google Answers (faça uma pergunta, receba respostas), os anúncios em jornal e rádio da Google (expandindo seu alcance para o ramo da publicidade impressa e radiotransmitida), o Dodgeball (rede social conforme a localização), o Jaiku (um microblog, como o Twitter), o Google Notebook (substituído pelo Docs), o SearchWiki (para fazer anotações e reorganizar resultados de pesquisas), o Knol (artigos escritos por usuários, como a Wikipedia) e o SideWiki (para fazer anotações em páginas da web enquanto se navega).

É difícil fazer com que a palavra *fracasso* soe como uma coisa boa, porque inevitavelmente ela conota um passo atrás. Contudo, até mesmo estratégias falhas costumam significar um passo à frente, pois revelam problemas que, ao serem solucionados, levam para mais perto de um desfecho positivo. "Descarte de ideias" poderia ser uma expressão mais adequada: coisas que são experimentadas e depois abandonadas. O processo de diversificação e seleção é a base da invenção no mundo todo. No fim, o caminho em zigue-zague de nossa espécie é determinado não pela abundância de ideias que geramos, mas pelo número menor de ideias que escolhemos seguir.

Em 1958, um grupo alemão de consultoria teve uma ideia para romper as barreiras no caminho da inovação e da produtividade: o "escritório-paisagem". As mesas de trabalho seriam distribuídas num espaço aberto, como um jardim, com "trilhas" que acompanhavam o fluxo de trabalho e dos papéis. Não haveria "portas fechadas à vista, nem gente em cubículos, nem executivos com visão geral em pontos privilegiados. No máximo, umas poucas divisórias móveis e plantas separariam certas seções e trabalhadores dos demais".[16]

Segundo algumas estimativas, atualmente 70% das empresas americanas têm escritórios abertos. É o que se encontra no Facebook e na Google. E também na Apple, cuja planta da sede — sua aparência já foi comparada a um gigantesco disco voador — tem tudo a ver com colaboração fluida. "Ela vai proporcionar um sistema espacial bem aberto, de modo que no início do dia você pode estar num escritório numa das metades do círculo e mais tarde pode estar na outra."[17]

Mas nem sempre foi assim. A empresa química DuPont, onde foi inventado o náilon, era segmentada em divisões autônomas protegidas por guardas.[18] As instalações de pesquisa da Xerox em Palo Alto, que antes tinham servido para pesquisas sobre comportamento animal, eram divididas em espaços que levavam o nome de seus antigos ocupantes: a impressora a laser, por exemplo, foi aperfeiçoada na "sala do rato". Na década de 1950, a General Electric teve sucesso com um modelo compartimentado, e na década de 1990 empresas como a Nestlé e a Sony fizeram o mesmo. O Playstation da Sony — um dos produtos mais inovadores da empresa — foi desenvolvido por seu departamento independente de jogos. Essas empresas estavam erradas?

Não. Os meios de estimular a criatividade estarão sempre mudando. Isso é de se esperar, já que as próprias formas de inovar exigem constante inovação. Não existe apenas uma solução para se tornar produtivo. Cientistas soviéticos não tinham um ambiente de trabalho como o escritório aberto da Google. Os cientistas da NASA não usavam calça de

moletom no escritório, mas calça, camisa e gravata. E mesmo assim eles chegaram ao espaço.

Há bons motivos pelos quais os escritórios abertos tiveram grande adoção, mas não são a melhor opção para *todos* os casos. Em vez disso, ao que parece, a escolha certa é construir uma cultura de mudança. Hábitos e convenções excessivamente rígidos, não importa quão bem pensados ou bem intencionados, ameaçam a inovação. O ensinamento essencial que se tira da análise das plantas de escritórios ao longo do tempo é que as respostas não param de mudar. O progresso pode parecer uma linha reta, mas isso é um mito. Examinando os espaços de trabalho ao longo dos últimos oitenta anos, vemos um ciclo que se repete. Ao comparar os escritórios da década de 1940 com os espaços contemporâneos, vê-se que eles retornaram essencialmente para o mesmo estilo, passando por um período, na década de 1980, em que baias e cubículos eram a regra. As tecnologias e o estilo de decoração podem ser diferentes, mas as plantas das décadas de 1940 e 2000 são semelhantes, até nas pilastras no meio do ambiente.

Anos 1940

Anos 1980

Anos 2000

E a planta de conceito aberto, no século XXI, já começa a dar sinais de declínio. "Esqueça a comida e a bebida de graça", reclama um ex-funcionário do Facebook. "O local de trabalho é péssimo: enormes salas com fileiras e fileiras de mesas de piquenique, com pessoas sentadas ombro a ombro, tendo quinze centímetros de espaço entre elas e privacidade zero."[19] Um artigo da revista *The New Yorker* intitulado "The Open-Office Trap" [A armadilha do escritório aberto] expõe os males desse tipo de ambiente: por exemplo, o barulho incessante, encontros sociais desagradáveis e risco maior de pegar um resfriado.[20] Uma recente onda de críticas destaca os defeitos das plantas abertas, o que

provavelmente levará à próxima parte do ciclo: espaços de trabalho mais fechados e privativos.[21]

As pessoas que estão numa empresa há muito tempo normalmente se tornam céticas sobre as mudanças da planta, porque podem parecer jogadas dos consultores para ganhar dinheiro. Mas há uma surpreendente astúcia nas transformações constantes: elas quebram a calcificação cognitiva. Analogamente, todo terapeuta de casais diz que o relacionamento tende a sair prejudicado quando seus integrantes se habituam e se tornam indiferentes um ao outro: a rotina se instala e fica difícil escapar dela. Em casa ou no trabalho, a mudança pode ser disruptiva. Mas sem ela é difícil gerar raciocínios novos.

O maior exemplo de mudança constante é o Building 20, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Construído como uma estrutura temporária devido à escassez de aço durante a Segunda Guerra Mundial, o "palácio de compensado" de três andares com tamanho de um armazém devia ter sido demolido assim que a guerra terminasse. Mas a universidade estava com falta de espaço e conseguiu permissão dos bombeiros para manter a estrutura de pé. Com o tempo, docentes de toda a universidade foram atraídos para o prédio, que foi sendo modificado conforme suas necessidades. Como disse um dos professores, "se você não gostar de uma parede, é só passar o braço através dela". Outro disse: "Se quiser abrir um buraco no piso para ganhar algum espaço vertical, é só fazer. Nem precisa pedir. É o melhor prédio experimental que já se construiu." O ambiente de improviso do edifício favorecia encontros e facilitava a troca de ideias: dentro de suas paredes havia uma mistureba eclética que incluía "um acelerador de partículas, o R.O.T.C., instalações para reparo de pianos e um laboratório de cultura de células".[22] Físicos nucleares trabalhavam lado a lado com engenheiros de alimentos. Nesse edifício precário, Noam Chomsky desenvolveu suas teorias pioneiras sobre a linguagem, Harold Edgerton experimentou com fotografia em alta velocidade e Amar Bose patenteou seus alto-falantes. O primeiro videogame foi inventado ali, onde também nasceu uma grande quantidade de empresas de tecnologia. O edifício ficou conhecido como "a incubadora mágica". Como escreveu Stewart Brand no livro *How Buildings Learn* [Como edifícios aprendem]:

> O Building 20 levanta uma questão sobre o que é realmente estar confortável. Pessoas inteligentes abriram mão de aquecedores e

> ares-condicionados, corredores acarpetados, janelas amplas, belas vistas, construções de última geração e um belo design interior em troca de quê? Janelas com caixilho, vizinhos interessantes, pisos fortes e liberdade.[23]

Trabalhar a longo prazo num edifício temporário não costuma ser uma opção. Portanto, uma cultura de mudança pode ser cultivada com outros métodos: troca de salas, reconfiguração dos ambientes, mudanças no tempo livre ou mistura de equipes. Ponha a máquina de café *aqui*, pinte as paredes de azul, instale uma mesa de totó, derrube as paredes para obter um espaço aberto com piso de cimento e cadeiras com rodinhas. Mas saiba que nada será permanente, porque o modelo que funciona hoje pode não funcionar daqui a cinco anos. E a ideia não é que esses modelos durem para sempre. O objetivo de uma empresa criativa, pelo contrário, é escapar da supressão por repetição, multiplicar opções e interromper o que ainda está funcionando bem antes que se desgaste. A inovação ganha energia quando a rotina é perturbada.

Uma cultura de mudança não tem a ver apenas com o funcionamento interno de uma empresa, mas também com o que ela oferece ao público. Empresas inovadoras não têm medo de quebrar o que está bom. Foi como disse James Bell, presidente da General Mills: "Um dos maiores perigos que um homem ou uma empresa correm é acabarem acreditando, depois de um período de bem-estar ou sucesso, na infalibilidade dos métodos do passado aplicados a um futuro novo e em transformação."[24]

Como exemplo de agilidade, vejamos o restaurante nova-iorquino Eleven Madison Park. Ele trocou seu cardápio tradicional por outro, minimalista: os ingredientes estavam listados numa tabela de quatro colunas de quatro linhas, e os clientes escolhiam um ingrediente de cada linha. Com essas instruções básicas, o chef fazia uma refeição gourmet. O novo cardápio conquistou cobiçadas três estrelas no guia Michelin. Mas o Eleven Madison não teve medo de pôr sua reputação em jogo mais uma vez e tentar uma coisa nova. Inspirado pela mudança de estilos ao longo da carreira do músico de jazz Miles Davis, o restaurante se reinventou de novo. O cardápio em colunas saiu de cena. Em vez disso, os clientes eram servidos com um tributo culinário de quatro horas de duração à cidade de Nova York. Jeff Gordiner, avaliando o restaurante para o jornal *The New York Times*, contou que os atendentes serviam o menu degustação com estilo teatral: "Um dos pratos surgiu de uma cúpula de fumaça; outro, de uma cesta de piquenique. Os garçons faziam truques com cartas de baralho (uma alusão ao monte de três cartas, um jogo de azar que era comum nas ruas da cidade) e davam explicações detalhadas sobre ingredientes e folclore."[25]

Em seu site, o restaurante postou uma frase do pintor Willem de Kooning: "Preciso mudar para continuar o mesmo." Os críticos gastronômicos ficaram desconcertados com a reinvenção do restaurante, mas o Eleven Madison se tornou mais popular do que nunca. Então, mudou mais uma vez. Os truques de baralho saíram de cena, e voltou uma atmosfera mais informal, mais opções para o cliente, menos pratos e porções maiores. A transformação do restaurante foi premiada com quatro

estrelas pelo *The New York Times*. O crítico Pete Wells escreveu no jornal: "Muitas coisas ainda estão por vir nesse restaurante, que se define sobretudo por seu movimento fluido rumo ao futuro."[26]

Foi com esse tipo de agilidade que uma empresa chamada Radio Corporation of America se tornou uma pioneira na televisão. No começo da década de 1930, o controle da RCA sobre as emissões de rádio era tão forte que o governo dos Estados Unidos aplicou à empresa a legislação antitruste. Sem se deixar abater, os pesquisadores da RCA lançaram a transmissão de rádio FM da cobertura do Empire State Building em Nova York: essas transmissões com alta-fidelidade "mandaram um recado forte para os anunciantes e o público de que o rádio dominaria as transmissões nos anos seguintes".[27] Foi então que, em 1935, o presidente da empresa, David Sarnoff, percebeu a promessa de outra tecnologia que surgia, cujos primeiros nomes foram "escuta visual" e "ouvir-vendo". A renovação foi rápida: Sarnoff mandou uma breve mensagem ao engenheiro-chefe de rádio pedindo que desocupasse seu laboratório imediatamente a fim de abrir espaço para a nova equipe. Quatro anos depois, Sarnoff apareceu diante das câmeras na Feira Mundial de Nova York para anunciar as primeiras transmissões televisivas regulares do país: "Agora acrescentamos a visão ao som de rádio."

The Radio Corporation of America Tells

What TELEVISION will mean to you!

On April 30th RCA television was introduced in the New York metropolitan area. Television programs, broadcast from the lofty NBC mast at the top of the Empire State Building, cover an area approximately fifty miles in all directions from that building. Programs from NBC television studios are sent out initially for an hour at a time, twice a week. In addition, there will be pick-ups of news events, sporting events, interviews with visiting celebrities and other programs of wide interest.

How Television will be received!

To provide for the reception of television programs, RCA Laboratories have developed several receiving sets which are now ready for sale. These instruments, built by RCA Victor, include three models for reception of television pictures and sound, as well as regular radio programs. There is also an attachment for present radio sets. This latter provides for seeing television pictures, while the sound is heard through the radio itself. The pictures seen on these various models will differ only in size.

Television—A new opportunity for dealers and service men

RCA believes that as television grows it will offer dealers and service men an ever expanding opportunity for profits. Those, who are in a position to cash in on its present development, will find that television goes hand in hand with the radio business of today.

In Radio and Television—It's RCA All the Way

The NBC-RCA Television Antenna on the Empire State Building, New York.

RCA Radio Corporation of America
RADIO CITY, NEW YORK
RCA MFG. CO., INC. • RADIOMARINE CORP. OF AMERICA • NATIONAL BROADCASTING CO. • R.C.A. COMMUNICATIONS, INC. • RCA INSTITUTES, INC.

Historicamente, empresas de sucesso conservam a flexibilidade em tempos bons e ruins. A Apple estava à beira da insolvência quando saltou para o ramo da música; poucas dezenas de jornalistas estiveram presentes no lançamento do iPod. Avancemos para alguns anos depois: a Apple tinha acabado de atingir o marco de dois bilhões de músicas vendidas pelo iTunes e uma plateia de milhares de pessoas acompanhou a entrada de Steve Jobs no ramo dos telefones celulares.

Às vezes existe uma linha clara que liga os pontos da evolução de uma empresa. A American Telephone and Telegraph, ou AT&T, avançou do telégrafo para a comunicação sem fio e on-line. Mas às vezes a evolução é menos direta. A Hermès foi fundada no começo do século XIX para produzir arreios e selas de montaria; depois, quando os carros substituíram cavalos e carruagens, a empresa passou para a alta-costura. Uma fábrica de papel chamada Nokia criou o primeiro telefone celular para distribuição em massa.[28] Uma empresa que começou imprimindo cartas de baralho mais tarde operou uma frota de táxis, administrou um motel e acabou se tornando a maior empresa de videogames do mundo: a Nintendo.[29] Para a

Google, o monitoramento de glicose e os carros autônomos ocupam nichos bem diferentes das ferramentas de busca.

A agilidade é arriscada, claro: nem tudo dá certo. Vejamos, por exemplo, o Fire Phone, da Amazon, lançado em 2014. A Amazon havia feito uma incursão de sucesso no armazenamento em nuvem, mas celulares eram outra história. O Fire Phone vendeu apenas 35 mil unidades no primeiro mês, numa época em que a Apple vendia essa quantidade de iPhones por *hora*. Os usuários reclamavam da falta de aplicativos para o Fire Phone, que ainda por cima superaquecia. A empresa abaixou o preço para 99 centavos de dólar e, assim que o estoque inicial se esgotou, descontinuou a fabricação do produto. No entanto, foi um risco calculado: o fracasso do Fire Phone nunca ameaçou os negócios principais da Amazon. A empresa seguiu em frente, com sua atitude aventureira de despachar frotas com novos exploradores.

As empresas criativas estão sempre preparadas para o desastre. Isso acontece, em parte, porque a revolução digital acelerada tem tido um resultado inesperado: conforme nossos dispositivos se tornam mais computadorizados, sua vida útil diminui. O processamento de dados cada vez mais rápido acelerou a obsolescência de telefones, relógios de pulso, aparelhos médicos e utensílios domésticos. Em 2015, pela primeira vez, a Honda não produziu carros de teste para o modelo Acura TLX: em vez disso, usou softwares para simular todas as situações, desde colisões a emissões poluentes, acelerando em muito o processo de produção. Além disso, áreas que já pareceram muito distantes do mundo digital agora fazem parte dele: robôs fazem cirurgias e boletins de notícias às vezes são escritos por inteligência artificial.[30] Do design à produção e à moda, o mundo está constantemente se revolucionando. Em resposta, o apetite do público pela mudança aumentou: se o ano que vem não trouxer novos dispositivos e aplicativos, os consumidores ficarão desapontados. Nessas condições, a agilidade é mais indispensável do que nunca.

Embora separados por centenas de milhões de anos, o cérebro das criaturas primitivas e o dos CEOs de empresas fazem as mesmas perguntas: como equilibrar o aproveitamento de meus conhecimentos e a exploração de novos territórios? Nenhuma criatura e nenhum negócio pode dormir sobre os louros do sucesso passado: o mundo muda de forma imprevisível. Os sobreviventes são os que permanecem hábeis, respondendo a novas necessidades e novas oportunidades. É por isso que o

celular definitivo nunca será inventado, nem um programa de televisão perfeito que não envelheça, nem guarda-chuvas, bicicletas ou sapatos perfeitos.

E é por isso que gerar uma grande quantidade de ideias precisa ser um objetivo. Thomas Edison determinou "cotas de ideias" para seus funcionários no laboratório de Menlo Park: eles eram desafiados a apresentar uma pequena invenção por semana e uma descoberta importante a cada seis meses. A Google embutiu a prospecção de ideias em seu modelo de negócios: a regra 70/20/10 determina que 70% dos recursos sejam destinados ao negócio principal, 20% a ideias emergentes e 10% a projetos ousados e totalmente inovadores. Da mesma forma, na semana anual de exploração, a Hack Week, os funcionários do Twitter deixam de lado o trabalho diário para criar algo novo. A empresa de software Atlassian tem o "ShipIt Day", em que os funcionários usam uma janela de 24 horas para criar e apresentar novos projetos. A Toyota Corporation pede sugestões aos funcionários e almeja testar alucinantes 2.500 novas ideias *todo dia*.[31]

Para estimular a inovação, as empresas criativas recompensam novas ideias. Os incentivos assumem diversas formas: a Procter & Gamble e a 3M têm sociedades de honra; a Sun Microsystems, a IBM e a Siemens concedem prêmios anuais; a Motorola, a Hewlett-Packard e a Honeywell dão bônus por novas patentes.[32] Mas esse tipo de valorização ainda não está generalizado: um relatório recente mostra que 90% das empresas analisadas acreditam não oferecer recompensas suficientes para a inovação.[33] Eric Schmidt, da Google, aconselha sobre incentivar novas ideias: "Pague escandalosamente bem a pessoas escandalosamente boas, independentemente de seu título ou de sua ocupação. O que vale é o impacto."[34]

Empresas criativas também oferecem muita matéria-prima e ferramentas para estimular a rede neural de seus funcionários. Edison mantinha seu laboratório bem abastecido de suprimentos de todo tipo para facilitar a geração de ideias. A empresa de design IDEO tem uma "caixa tech" comunitária com todo tipo de dispositivo, amostras de materiais e sobras: uma "nascente mental" para engenheiros e designers.[35] Na Hermès, retalhos de tecidos e outros subprodutos não são descartados, mas entregues ao seu laboratório de inovação, Petit h, para experimentos: a

partir dessas sobras, os artesãos já fizeram prateleiras de restos de couro e marmorite de botões quebrados, madrepérola e zíperes.

No cérebro ativo, as ideias se multiplicam e competem furiosamente entre si. Umas poucas são promovidas à consciência, mas a maioria não cruza esse limiar e desaparece. Processo semelhante ocorre dentro das empresas criativas: novas ideias e iniciativas competem entre si por recursos. As que atingem o limiar exigido os recebem, as demais são engavetadas. Num mundo em que é difícil prever o futuro, muitas ideias falham. Mesmo ideias perfeitamente funcionais podem ser superadas em pouco tempo. Há força na diversificação e na agilidade. Assim, a estratégia das empresas criativas é multiplicar as ideias, eliminar a maioria delas e não resistir às mudanças.

CAPÍTULO 12

A ESCOLA CRIATIVA

Nossas crianças passam grande parte de suas horas acordadas na sala de aula. É onde suas aspirações são cultivadas e onde começam a assimilar o que a sociedade espera delas. Quando corretamente administrada, é um lugar onde se cultiva a imaginação.

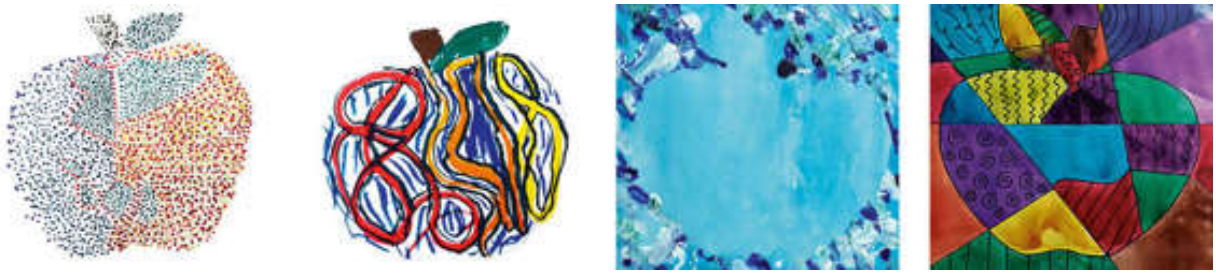
Mas esse cultivo nem sempre ocorre. Como vimos, o cérebro humano digere o mundo para produzir novidades — mas diversas escolas oferecem muito pouco a ser digerido, incentivando em vez disso uma dieta de regurgitação. Essa dieta ameaça deixar a sociedade subnutrida de futuros inovadores. Estamos presos a um sistema educacional surgido na Revolução Industrial, no qual o currículo era padronizado, as crianças assistiam às aulas diante do quadro-negro e os sinais replicavam o apito das fábricas que marcava a troca de turno. Esse modelo não prepara bem nossos alunos para um mundo avançado, em que os empregos se redefinem rapidamente e os louros vão para aqueles que conseguem gerar novas oportunidades.

O verdadeiro papel de uma sala de aula é preparar os alunos para refazer as matérias-primas do mundo e gerar novas ideias. Felizmente, isso não é difícil de implantar: não é preciso rasgar os planos de aula existentes e começar do zero. Pelo contrário, alguns princípios básicos podem ajudar a transformar qualquer sala de aula num ambiente que promove o pensamento criativo.

USE OS PRECEDENTES COMO PLATAFORMA DE LANÇAMENTO

No início do ano letivo, a professora de arte Lindsay Esola desenha uma maçã no quadro e pede a seus alunos de quarto ano que cada um também desenhe uma. A maior parte da turma simplesmente copia o exemplo da professora. Esse exercício é o ponto de partida para um semestre em que Esola ensina a seus alunos dezenas de maneiras de desenhar uma maçã. Os alunos imitam estilos como surrealismo, impressionismo e pop art usando aquarela, esfumado a pincel, mosaico, desenho de linhas, cera derretida, glitter, adesivos, carimbos, fios e outras coisas.

Se as lições parassem por aí, seriam apenas aulas práticas de história da arte. Mas Esola não se limita a imitar paradigmas. Todo o trabalho do semestre culmina na proposta "Maçã de Todo Jeito", na qual os alunos são livres para misturar técnicas da maneira que quiserem. Na última aula, Esola desenha de novo uma maçã no quadro. Dessa vez, quase ninguém copia a professora. A parede da sala se torna uma galeria de maçãs alternativas: os alunos usaram o que aprenderam e foram, cada um, em uma direção própria.



A educação criativa acontece no meio-termo ideal entre a brincadeira desestruturada e a imitação de modelos. Esse meio-termo dá aos estudantes precedentes em cima dos quais construir, mas sem condicionar ou restringir suas escolhas. Os alunos aprendem o melhor do que veio antes com o objetivo de remodelá-lo. Por exemplo, um professor do quinto ano pediu a sua turma que pintasse o "próximo" quadro de seu pintor preferido — um quadro que nunca foi pintado, mas poderia, ou deveria, ter sido. Cada aluno estudou a carreira de um pintor e depois imaginou o que

ele teria feito se tivesse vivido mais tempo. Um aluno pintou um jogador de beisebol no estilo cubista, alegando que se Picasso tivesse vivido por mais tempo teria se interessado pela cultura popular.

Romper com o passado traz duas lições: mostra aos estudantes como garimpá-lo em busca de novas ideias e os ensina a não se intimidarem pelo que veio antes. Defende o domínio de nosso legado cultural e, ao mesmo tempo, que ele seja tratado como inconcluso. Como disse Goethe, "duas coisas podem os filhos herdar de seus pais: raízes e asas".

Há muitas maneiras de garimpar o passado em busca de novas possibilidades. Uma delas é propor que os alunos contem uma história já conhecida do ponto de vista de outro personagem. Como inspiração, veja-se *A verdadeira história dos três porquinhos*, na qual Jon Scieszka reconta a história do ponto de vista do lobo. O lobo afirma que não pretendia soprar e derrubar a casa dos porquinhos, só estava com alergia. De forma parecida, a peça de Tom Stoppard intitulada *Rosencrantz e Guildenstern estão mortos* revisita *Hamlet*, de Shakespeare, da perspectiva de dois personagens secundários. O romance *Grendel*, de John Gardner, retoma o poema épico *Beowulf* do ponto de vista de um dos monstros. Usando mitos e fábulas do mundo inteiro, os alunos podem mudar o ponto de vista para fazer algo novo. Outra estratégia é atualizar histórias. Em *Alice in Tumblr-Land and Other Fairy Tales for a New Generation*, de Tim Manley, o rei Artur vai ao festival Burning Man, Thumbelina estrela um reality show e o Príncipe Sapo se senta numa praça com um cartaz que diz "abraços grátis".

Histórias alternativas são outra forma de aguçar intuições inteligentes por meio da extrapolação criativa daquilo que os estudantes aprenderam. O romance *The Alteration*, de Kingsley Amis, imagina como seriam os tempos modernos se Henrique VIII nunca tivesse governado a Inglaterra. Na versão de Amis, o irmão mais velho de Henrique ainda morre jovem, mas antes disso tem um filho, que derrota Henrique e herda o trono. Em consequência disso, a Igreja Anglicana nunca foi fundada, a rainha Elizabeth nunca nasceu e, ainda por cima, Martinho Lutero se torna papa. *O homem do castelo alto*, de Philip K. Dick, considera o que teria acontecido se as potências do Eixo tivessem vencido a Segunda Guerra Mundial. O romance de Dick traz outro desdobramento: um romancista que vivia no governo nazista e escreve sua própria história alternativa secreta, "O gafanhoto torna-se pesado", imaginando o que teria acontecido

se os Aliados tivessem vencido — no romance dentro do romance, os Aliados capturam Hitler e o levam a julgamento.

Para os estudantes, uma das formas mais criativas de expressar seu conhecimento da história é narrar o que teria acontecido se os fatos tivessem se desenrolado de outro modo. E se os maias não tivessem contraído varíola dos espanhóis? E se George Washington tivesse quebrado a perna e nunca tivesse atravessado o rio Delaware? E se a carruagem do arquiduque Ferdinando tivesse tomado outro caminho e ele não tivesse sido assassinado? Para criar histórias contrafactuais, os estudantes precisam conhecer os fatos e, mais que isso, o contexto geral. Projetos de "história alternativa" são um meio de complementar o aprendizado com os livros: os estudantes pesquisam um tópico e depois aplicam seu conhecimento de forma criativa. Eles demonstram uma sólida base a respeito dos eventos reais com a criação de situações hipotéticas.

As lições de extrapolação aplicam-se também à ciência e à tecnologia. A professora de engenharia Sheri Sheppard, de Stanford, destaca que a maior parte das máquinas não é construída do zero, mas montada a partir de uma combinação do que já existe. E continua:

> Existe bastante criatividade envolvida nesse processo. No design, a verdadeira inspiração muitas vezes resulta da descoberta de uma nova aplicação para um mecanismo. Isso implica ter conhecimento da grande quantidade de máquinas e mecanismos a nossa volta e ter capacidade de ver seu emprego em áreas bem distantes de seu propósito original.

Em alguns cursos de engenharia, os alunos aprendem sobre eletricidade seguindo instruções para montar uma lanterna. Mas, se o exercício parasse por aí, não seria mais do que seguir uma receita. Montar a lanterna deve ser apenas o primeiro passo. O próximo deve ser aplicar os mesmos princípios de circuito para fazer um ventilador, um gerador de som ou qualquer coisa que o aluno queira. O manual de instruções deve ser tratado como ponto de partida, e não como finalidade.

Uma forma de incorporar mais criatividade à educação científica é a criação de protótipos de ficção científica — ou seja, desenhar produtos que ainda não existem.[1] Em certo curso, os alunos imaginaram uma caneta projetora para ver filmes e mapas, uma impressora 3-D que fazia bolos

personalizados e uma máquina de lavar portátil do tamanho de uma valise.[2] Os alunos são incentivados a analisar os problemas que tal tecnologia resolveria e a imaginar que novos problemas ela criaria. Essa é outra maneira de cultivar simultaneamente a habilidade e a imaginação.

Combinando o aprendizado sobre as obras existentes com a licença criativa da brincadeira desestruturada, o passado se torna um propulsor da descoberta. Na corrida de revezamento da criatividade humana, os estudantes têm a oportunidade de tomar o bastão e correr com ele rumo ao futuro.

MULTIPLICAR OPÇÕES

Com muita frequência, quando pedimos a nossos alunos uma solução criativa, ficamos satisfeitos com uma única resposta. Mas, com uma única resposta — por melhor que seja —, uma mente inventiva está apenas começando a se aquecer. A melhor prática na sala de aula é pedir que os estudantes tragam não uma solução criativa para um problema, mas várias.

Gerar múltiplas soluções exige treino. Seja na literatura, na ciência ou na programação, os estudantes normalmente se fecham cedo demais numa só resposta; é preciso incentivo e provocação para que eles se lancem a explorações mais amplas. E esse treino precisa começar cedo. O livro *Não é uma caixa*, de Antoinette Portis, ilustra o conceito de multiplicação de opções para jovens leitores. Alguém pergunta ao protagonista, um coelho: "Por que você está sentado numa caixa?" O coelho responde que não é uma caixa, é um carro de corrida. Mas ele não para por aí: a caixa é também uma montanha, um robô, um rebocador, um foguete, o cesto da gávea de um navio pirata, a cesta de um balão de ar. Tomando a deixa do coelho, os jovens alunos podem criar suas versões próprias desse paradigma ("não é uma bola", "não é uma fita" etc.).

Esse simples exercício infantil funciona bem com estudantes mais velhos. Por exemplo, no campo da arte, as variações são um meio de continuar gerando possibilidades a partir de uma mesma fonte: elas constituem o treino necessário para entortar, quebrar e mesclar. Os músicos de jazz exibem a multiplicidade de opções cada vez que improvisam sobre um tema. Nas artes visuais, prestar atenção repetidamente ao mesmo motivo pode proporcionar uma ramificação dos resultados — do exercício da maçã à série de bandeiras de Jasper Johns.

Três bandeiras *(1958);* Bandeira *(1967, impressa em 1970);* Bandeira branca *(1960);* Bandeira (Moratória) *(1969); e* Bandeira *(1972/1994), de Jasper Johns*

Multiplicar as opções também desperta os estudantes para a diversidade natural que existe no mundo a sua volta. Tomemos como exemplo o experimento "sementes viajantes", proposto pela Sociedade Americana de Botânica.[3] Os alunos estudam os diversos meios usados pela natureza para dispersar sementes: sementes de coco flutuam rio abaixo; sementes de bardana grudam no pelo de animais e depois caem; sementes de dente-de-leão flutuam em "paraquedas"; sementes de bordo e de freixo planam pelo ar com minúsculas asas. No projeto da Sociedade de Botânica, os alunos competem elaborando meios novos e melhores para sementes minúsculas viajarem — e depois testam as ideias para ver quais se propagam melhor.

Esse exercício é um excelente meio de entender o conceito de seleção natural e seus desafios. Em vez de ver o mundo como um conjunto de fatos preexistentes a serem memorizados, os estudantes criam novas opções do que *poderia* existir. Essa capacidade está no cerne do futuro inovador: olhar em volta e produzir novas soluções. Depois de participar do exercício das sementes viajantes, as crianças vão apreciar os projetos da natureza durante a vida toda, porque elas mesmas tentaram novas criações.

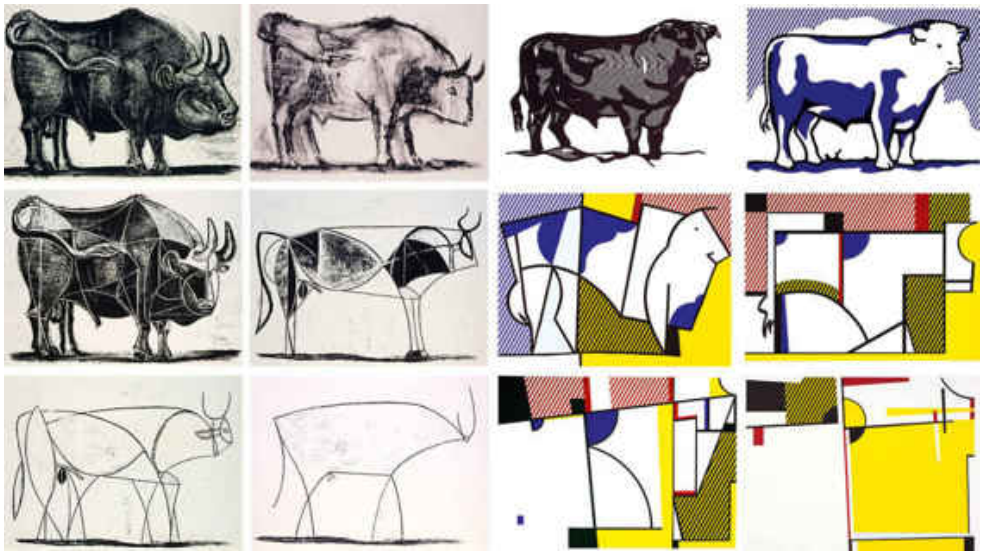
Mesmo quando a resposta está determinada, o ensino criativo incentiva os alunos a encontrarem diferentes meios de chegar a ela. Em 1965, o renomado físico Richard Feynman foi incumbido pela Comissão de Currículo do Estado da Califórnia de revisar livros didáticos de matemática ("cinco metros de espaço na estante, 230 quilos de livros!", queixou-se ele em seu relatório). Concluiu que o método moderno de ensinar matemática, em que os professores treinam os estudantes num único jeito de solucionar cada problema, era inadequado. Feynman argumentou que os estudantes deviam ser estimulados a procurar todos os meios possíveis de chegar à solução correta:

> O que queremos de nossos livros de aritmética não é ensinar uma maneira específica de tratar cada problema, mas mostrar em que consiste o problema original e dar muito mais liberdade na busca da resposta [...] Devemos eliminar o pensamento rígido [...] Devemos deixar a mente em liberdade para vagar na tentativa de resolver problemas [...] O usuário bem-sucedido da matemática é praticamente um inventor de novas maneiras de obter respostas para situações determinadas.[4]

Uma estratégia eficaz para incentivar a busca de alternativas é sugerir que os estudantes explorem diferentes distâncias da colmeia. Como uma empresa que busca cobrir todo o espectro que vai das atualizações progressivas à mais extravagante pesquisa, os alunos deveriam ser estimulados tanto a ficar perto da fonte quanto a distanciar-se dela o máximo que puderem. Isso desenvolve as habilidades de que eles precisarão para reagir com flexibilidade a tarefas criativas no futuro.

O princípio do afastamento progressivo da fonte é ilustrado pelas séries de touros de Picasso e Lichtenstein. Os dois pintores partem de imagens

realistas, mas cada um vai numa direção: Picasso reduz o corpo a suas linhas essenciais; Lichtenstein o abstrai, dando-lhe formas geométricas coloridas. Ao olhar a imagem final de cada série, é impressionante perceber como são diferentes entre si.



Séries de touros de Picasso (1946) e Lichtenstein (1973)

A utilidade de percorrer distâncias diversas pode ser ilustrada por um projeto de sala de aula da Universidade Rice. Os alunos foram encarregados de buscar a solução para uma crise de saúde pública no mundo em desenvolvimento: todo ano, centenas de milhares de crianças morrem de desidratação causada por diarreia. As clínicas com baixo orçamento dispõem do material necessário para a reidratação intravenosa, mas não têm o equipamento caro que mede corretamente as doses. Nos hospitais em que faltam recursos para monitorar de perto todos os pacientes, os bebês correm o risco de uma super-hidratação fatal. Para resolver o problema, uma equipe de estudantes de graduação da Rice se propôs a construir uma bolsa de soro cujo gotejamento podia ser regulado de forma barata mesmo em lugares com queda de eletricidade. Começaram com ideias comuns, mas em pouco tempo se afastaram da colmeia e acabaram chegando a uma solução inesperada: uma ratoeira. No dispositivo inventado por eles, o suporte do soro é dotado de uma alavanca, com a bolsa de soro pendurada de um lado e um contrapeso do outro. O clínico estabelece a dosagem correta ajustando o contrapeso.

Assim que a dose correta é pingada, a alavanca desce e aciona a ratoeira, que se fecha e sela o tubo.

Para testar o dispositivo, membros da equipe viajaram ao Lesoto e ao Malauí, países com dificuldades para oferecer atendimento médico adequado. Descobriram que os profissionais de saúde estavam animados com o dispositivo, mas temiam machucar os dedos na ratoeira. Os estudantes procuraram então uma maneira mais segura de selar o tubo. Usando uma impressora 3-D, modelaram uma tampa de plástico e fizeram experiências com material sobressalente que havia no laboratório. Mas nada funcionou tão bem quanto a ratoeira. Então eles pensaram num substituto menos perigoso: uma mola compressora de aço.

No Malauí, os alunos da Rice descobriram outra falha no design: para funcionar direito, a bolsa de soro tinha de estar 1,5 metro acima da cabeça do paciente. O contrapeso estava à mesma altura, e os enfermeiros tinham dificuldade para alcançá-lo. Durante uma sessão de *brainstorm*, um dos estudantes propôs dividir a alavanca em dois braços separados, com a bolsa de soro no alto, o contrapeso mais baixo e uma vareta conectando os dois braços. Assim ficou fácil regular os pesos.

De volta ao Malauí, os estudantes conduziram uma pesquisa de campo: concluíram que, em média, eram necessários menos de vinte minutos para aprender a usar o equipamento e menos de dois minutos para sua instalação, e que ele funcionava com precisão mesmo depois de usado centenas de vezes.[5] O equipamento de gotejamento de soro eletricamente controlado custa milhares de dólares cada; o dos estudantes custou oitenta dólares. Explorando diferentes distâncias a partir da colmeia, eles resolveram um problema aparentemente insolúvel.

Num experimento famoso, a psicóloga Carol Dweck, de Stanford, aplicou um teste de matemática a um grupo de crianças. Ao fim do teste, metade das crianças foi elogiada pelo seu desempenho, enquanto a outra metade foi elogiada pelo *esforço* que dedicou à tarefa. Em seguida, Dweck perguntou a elas se queriam fazer um teste um pouco mais difícil. As que tinham sido elogiadas pelo esforço aceitaram o desafio, mas as que tinham sido elogiadas pela nota recusaram, pois não queriam pôr sua reputação em jogo. Dweck concluiu que, ao valorizar o resultado, os mentores inadvertidamente limitam a tomada de risco dos alunos. A lição: elogiar o esforço, não o resultado.[6]

Para deixar de focar exclusivamente no resultado, os estudantes precisam ter a oportunidade de sair dos caminhos já trilhados. No mundo dos videogames, "sandbox" [caixa de areia] é o termo usado para caracterizar jogos em que você testa opções e explora recursos, com menos limitações e com possibilidades mais amplas — tal formato consegue ser aplicado também a jogos mais lineares, de progressão, em situações em que o jogador entra em um nível novo e experimenta técnicas e estratégias antes de começar a jogar para valer. Uma abordagem deste tipo pode ser aplicada a tarefas criativas: os alunos são convocados a imaginar várias opções para alguma coisa criativa, mas não recebem notas, só comentários. Depois, o estudante escolhe sua opção favorita para desenvolver a fundo. Isso não só incentiva os estudantes a multiplicar opções, como também lhes dá oportunidade de assumir riscos sem punição.

Muitas vezes, correr riscos implica andar na corda bamba de um problema sem a rede de segurança de uma resposta certa. Qualquer problema de solução aberta incentiva que corram riscos: cabe aos estudantes encontrar sua própria solução. Vejamos o experimento clássico da queda do ovo. As instruções são simples: projetar um paraquedas para um ovo. É um problema sem uma linha reta em direção ao sucesso. Os estudantes precisam considerar a lei da gravidade e a resistência do ar, além de aplicar princípios de engenharia. No dia da demonstração, eles vão para um lugar alto e soltam suas criações. Nem todos os projetos

pousam em segurança na primeira tentativa, e isso é encarado como parte do exercício. Se um ovo se quebra, o estudante responsável por ele deve analisar o que aconteceu: caiu rápido demais, não estava devidamente acolchoado etc. Então ele aperfeiçoa o design e tenta de novo. O número de tentativas importa menos do que se recuperar da decepção e aperfeiçoar o projeto até ter sucesso.

Nem todo problema deve ser tratado como se tivesse uma única resposta, e essa lição pode ser ilustrada fazendo com que os estudantes criem, por exemplo, uma "superfonte". Nas famílias tipológicas comuns, algumas letras e numerais são tão parecidos que é difícil distingui-los, principalmente num smartphone e na tela do computador. Por exemplo, é fácil confundir 5 e S, B e 8, g e q. O objetivo das superfontes seria modificar a forma das letras de modo a maximizar a diferença visual entre elas. Esse é um projeto criativo sem solução pronta e que pode ser executado até por estudantes de pouca idade.

Outra forma de incentivar o apetite pelo risco é tratar problemas reais, para os quais ainda não foi encontrada uma resposta definitiva. No projeto "Imagine Mars", da NASA, os estudantes precisam criar um manual para a vida humana em outros planetas. Isso os leva a dissecar todas as coisas que permitem a sobrevivência de uma comunidade aqui na Terra: moradias, comida e água, oxigênio, transporte, tratamento de lixo, empregos, e assim por diante. Depois, os estudantes devem determinar o que seria necessário para transplantar tudo isso para a hostil paisagem marciana. Como vamos respirar? O que vamos fazer com o lixo? Onde vamos nos exercitar? Usando materiais como copos, bolinhas de algodão, peças de Lego e limpadores de cachimbo, os estudantes projetam sua própria comunidade. Exercícios como esse fazem os estudantes pensarem a respeito da ciência mais avançada (a NASA pretende chegar a Marte em poucas décadas) e permitem que eles experimentem os riscos inerentes aos problemas não resolvidos.

Para produzir uma sociedade próspera de adultos criativos, é essencial estimular estudantes que toleram riscos e não têm medo de dar a resposta errada. Em vez de fazer nossas crianças investirem todo o seu capital intelectual nas ações de empresas consolidadas, uma pasta mental de sucesso deve diversificar e incluir investimentos mais especulativos.

COMPROMETER E INSPIRAR

Uma motivação forte talvez seja o aspecto mais subestimado da educação: ela pode ser a diferença entre resultados insignificantes e resultados extraordinários. Motivar os alunos a darem o melhor de si é um dos desafios diários do educador. A solução: alavancar os motivadores fundamentais.

Dar aos estudantes a chance de resolver problemas reais é um meio inspirador de incentivar a criatividade. Em grande parte do mundo em desenvolvimento, problemas respiratórios são causa comum de mortalidade infantil. Existem aparelhos de ventilação, mas é difícil manter os tubos ligados ao bebê com firmeza quando ele se movimenta. Esse problema foi apresentado como desafio a 21 equipes de estudantes de ensino médio de Houston. Os estudantes trabalharam por etapas: primeiro, pesquisaram o assunto — neste caso, as causas e o alcance da insuficiência respiratória infantil. Depois, exploraram as soluções existentes. Avaliando fatores como custo, segurança, durabilidade, facilidade de uso e manutenção, eles fizeram um *brainstorm* para chegar a suas próprias soluções. Cada equipe elaborou de três a cinco opções. Por fim, eles construíram e testaram protótipos feitos a partir de materiais caseiros.

O design vencedor era engenhosamente simples: os tubos respiratórios passavam por buracos na touca do bebê. Para isso, só era preciso fazer dois cortes no tecido. Quando a equipe fez testes comparativos, descobriu que a "touca respiratória" tinha um desempenho melhor que os métodos existentes — e não custava praticamente nada. Todo o necessário para salvar vidas era uma touca de bebê comum e uma tesoura. Um problema de gente grande havia sido resolvido por adolescentes.

Fazer um trabalho significativo ajuda os estudantes a se ajudarem. Há poucos anos, a arquiteta e designer Emily Pilloton começou a trabalhar com alunos do oitavo ano numa escola autônoma de Berkeley, Califórnia, na qual o inglês é a segunda língua para a maioria dos alunos. Deram a Pilloton uma sala vazia, e ela perguntou aos alunos o que queriam fazer ali. O consenso: faltava uma biblioteca na escola, e os estudantes queriam ter uma.

Pilloton levou a turma para uma visita de campo à biblioteca pública local, deu aos alunos uma planta baixa da sala e perguntou como queriam que fosse sua biblioteca. Seguiram-se discussões acaloradas, que levaram a outra pergunta: como chegar a um plano viável a partir das ideias individuais de um ano escolar inteiro? Para maximizar a flexibilidade, os estudantes desenharam um nicho de estante que podia ser usado de muitas

maneiras. Com compensado e papelão, eles testaram desdobramentos dessa ideia durante semanas, e finalmente chegaram a uma solução simples: uma forma de cruz. Construíram dezenas dessas estantes de compensado.

Quando menos se esperava, as estantes estavam todas apoiadas sobre um dos lados, criando uma pilha de Xs. Os estudantes começaram a imaginar: o que aconteceria se as estantes ficassem em um ângulo de 45 graus? Você seria forçado a interagir com livros que não estava buscando. Se o livro desejado estivesse embaixo de uma pilha, seria preciso remover todos os outros, assim como seria necessário inclinar a cabeça para um dos lados quando fosse ler os títulos. Um dos estudantes comentou que em álgebra o X representa a variável desconhecida, e a biblioteca é o lugar onde se descobre o que não se conhece. A biblioteca deles poderia ser o Espaço X.

Aluna constrói uma estante para o Espaço X na Escola Autônoma REALM

Estava decidido. Ao longo das semanas seguintes, os estudantes cobriram a parede principal da biblioteca com estantes em X. Usaram grupos de Xs para coleções específicas (como de histórias em quadrinhos) e chegaram a fazer mesas com a base em X. Deixaram Xs espalhados pela sala, como um convite a outras remodelações — e por causa disso o

Espaço X nunca está igual. Os estudantes haviam construído seu próprio espaço para descoberta e exploração.

TER UMA PLATEIA

É noite de slam de poesia numa cafeteria de Castle Rock, no Colorado. Mas não são adultos que sobem ao palco: os poetas são alunos do sexto ano de uma escola local.[7] Eles foram encarregados de escrever um poema sobre uma questão social e apresentá-lo publicamente. Um após o outro, os estudantes se apresentam, com poemas que cobrem todo o espectro da vida adolescente. Uma das crianças, de doze anos, lê um poema sobre sua mãe:

> Minha jornada no ano passado foi dura.
>
> Ela ficou fora durante
>
> Muito tempo.
>
> Bebida, traição, papéis do divórcio, dinheiro.
>
> [...] Achei que tinha perdido a pessoa mais importante da minha vida,
>
> ninguém para me guiar, ninguém para conversar comigo sobre tudo.
>
> Minha melhor amiga.
>
> Ainda assim sorrio.

A grade curricular da escola foi montada segundo o modelo "voltado para fora", em que os alunos aprendem a transitar pelo mundo aventurando-se para além da sala de aula. Num trabalho recente, alunos de quarto ano fizeram um documentário sobre a proposta de expandir os reservatórios do estado inundando um popular refúgio de animais selvagens. Os estudantes analisaram os dois lados da questão, investigando

o que seria mais importante: o progresso humano ou a proteção dos seres que já viviam ali? O documentário foi exibido num cinema da cidade. Em outro projeto, a escola convida idosos para o festival anual Vida é Arte, em que pelo menos uma obra de arte de cada aluno é exibida.

Estratégias similares são postas em prática em creches e escolas primárias progressistas, como a Waldorf e a Reggio Emilia, em que a filosofia educativa se baseia em incentivar a criança a explorar os próprios interesses por meio da atividade criativa. É regra nessas escolas exibir os trabalhos dos alunos nas paredes. Como meio de expandir o público dos estudantes, algumas escolas primárias fazem parcerias e promovem eventos — por exemplo, organizando leituras de poesia e ficção por videoconferência ou montando exposições conjuntas. As instituições culturais da sociedade civil podem desempenhar um papel importante ao oferecer um fórum mais amplo para o trabalho dos alunos: muitos museus e aeroportos exibem regularmente mostras de arte estudantil, contribuindo para incentivar as mentes jovens. A internet criou uma plataforma ainda mais ampla. O site everyartist.me permite que os estudantes compartilhem seus trabalhos on-line. Recentemente, durante seu dia nacional da arte, o site bateu o recorde mundial de obras de arte criadas em um só dia: 230 mil. No campo da tecnologia, o Media Lab do MIT tem um site em que milhões de estudantes mostram projetos criados com o software educativo Scratch.

GANHAR UM PRÊMIO

O mundo desenvolvido está vivendo uma epidemia de obesidade, e parte do problema se deve à dificuldade de fazer as pessoas se exercitarem. Como você resolveria essa questão? Esse foi o desafio proposto a sete alunos de uma escola primária britânica, incentivado por uma competição anual da Raspberry Pi Foundation, que promove o estudo de ciência da computação nas escolas. A equipe escolheu construir um cachorro-robô, o qual consideraram que seria uma companhia divertida para o exercício. Fazendo um *brainstorm*, eles pensaram em instalar um rastreador para medir a distância percorrida no treino, um kit de primeiros socorros para caso de acidente, um farejador para encontrar objetos que tenham caído, alto-falantes para tocar música e luzes para servir de guia no escuro. Por fim, os estudantes decidiram fazer com que o cachorro latisse palavras de incentivo ao dono durante o exercício.

Usando um computador Raspberry Pi do tamanho de um cartão de crédito, os estudantes construíram o cachorro-robô de papel machê, montaram o circuito, fizeram a programação e gravaram a voz do cão. Na final do concurso, o FitDog ganhou o prêmio.

Competições servem como bons motivadores, oferecendo reconhecimento e recompensa material. A competição Raspberry Pi animou dezenas de grupos a participar, resultando em projetos criativos que vão desde um dispenser automático de medicamento conforme a prescrição até um software que permite que pessoas deficientes operem o cursor de um computador com o olhar.

Outra competição muito conhecida é a Odyssey of the Mind, um programa extracurricular internacional em que equipes de estudantes resolvem problemas criativos. Eles são responsáveis por fazer tudo sozinhos, enquanto os pais orientadores são autorizados apenas a supervisionar e a fornecer material. As reuniões semanais de cada equipe culminam num torneio local, e as equipes vencedoras vão para as finais nacionais. O sucesso duradouro de programas como Raspberry Pi e Odyssey of the Mind é prova do poderoso estímulo representado pelas competições: elas inspiram a trabalhar num problema em alto nível, e a promessa de um prêmio mantém o entusiasmo e o compromisso.

***

Quanto mais as crianças criam na sala de aula, mais se veem como criadoras de seu próprio mundo. Esse é o objetivo do ensino criativo. A sala de aula ganha vida quando os precedentes são apresentados não como resposta, mas como um trampolim. Faça com que seus alunos multipliquem opções em vez de chegarem a uma solução única. Estimule-os a correr riscos em vez de escolher o caminho seguro. Motive e incentive seus alunos, seja de dentro para fora (desafios significativos), seja de fora para dentro (plateia e recompensas). Uma grade curricular que estimule o pensamento criativo transforma nossos jovens não em meros turistas da imaginação, mas em guias.

Perto do fim da Guerra Civil americana, um grupo de homens armados invadiu uma fazenda no Missouri, sequestrou dois escravos — uma mulher e seu filho pequeno — e pediu resgate por eles. Os donos da fazenda trocaram um cavalo de corrida campeão pelo menino, mas os sequestradores já tinham vendido a mãe para outra pessoa e nunca mais se soube dela. O menino sequestrado foi devolvido a seus donos gravemente doente, com coqueluche. Ele se curou, mas, como relatou mais tarde, sua infância foi "uma guerra permanente entre a vida e a morte para ver quem sairia vencedor". Como era costume, o menino adotou o sobrenome dos donos da fazenda, Moses e Susan Carver. Esse menino — George Washington Carver — mais tarde usaria a criatividade para defender o cultivo do amendoim diante do Congresso como o caminho para a prosperidade dos agricultores.

De onde vêm os inovadores? De todos os lugares possíveis. Assim como é impossível prever qual será a próxima ideia, é impossível saber de que canto do mundo ela virá. Os talentos inatos não ocorrem em maior número em certas comunidades. Cinquenta anos de testes sobre a criatividade não encontraram diferença nos resultados de crianças economicamente desfavorecidas ou pertencentes a minorias: elas apresentam o mesmo espectro de habilidades criativas que as crianças mais ricas.[8]

Mas enchemos certas crianças de atenção, com aulas de música e visitas ao museu de ciências, enquanto outras são ignoradas. O acesso a um ensino criativo não deve depender do endereço de cada um. É essencial que se reguem as sementes de todas as regiões.

Vejamos a cidade de Nápoles no século XVI. Se você fosse um menino órfão ou necessitado, poderia ir parar num dos orfanatos mantidos pela Igreja. Os estabelecimentos religiosos de Nápoles assumiam a responsabilidade de ensinar um ofício rentável às crianças sob seus cuidados. Hoje em dia, esse ofício poderia ser programação de computadores. Naquela época, era a improvisação musical: havia tanta demanda de música que um intérprete hábil poderia ganhar um bom dinheiro nas casas de ópera e catedrais da cidade, além de executar o

fundo musical para os eventos sociais da nobreza. (A palavra "conservatório" que usamos hoje para designar uma escola de música tem origem no italiano *conservatori*, "orfanato".) Os alunos aprendiam a improvisar usando manuais de *partimenti*, trechos breves que davam a base para uma apresentação espontânea. Complementando e reunindo esses trechos em combinações flexíveis, os estudantes do conservatório aprendiam, por meio da prática supervisionada, a compor suas próprias improvisações.

Os conservatórios de Nápoles tiveram tanto êxito que em pouco tempo começaram a aceitar alunos pagantes de toda a Europa. Mesmo assim, nunca deixaram de atender os menos favorecidos. Até o fim do século XVIII, muitos dos graduados mais talentosos tinham origem humilde. Uma das crianças, por exemplo, vinha a ser o filho de um pedreiro que morreu ao cair de uma igreja que estava construindo. Essa criança, Domenico Cimarosa, mais tarde se tornou músico da corte de Catarina, a Grande, da Rússia, e de José II, da Áustria.[9]

O educador Benjamin Bloom afirmou: "Depois de quarenta anos de intensa pesquisa nos Estados Unidos e no estrangeiro, minha conclusão principal é: aquilo que uma pessoa no mundo consegue aprender, *quase* todas as pessoas podem aprender, *desde que* tenham sido e continuem sendo fornecidas as condições adequadas para o aprendizado."[10]

Mas, durante a maior parte da história humana, o exemplo de Nápoles foi exceção, não a regra. O desperdício de capital criativo pela humanidade não se limita à origem social de cada um. A história da nossa civilização também é majoritariamente marcada pela questão de gênero, que impediu mais da metade da população de receber educação e formação profissional — situação que persiste, ainda hoje, em muitos lugares do mundo. A menina-prodígio Nännerl Mozart fez turnês pela Europa com seu irmão mais novo, Wolfgang, e muitas vezes era a atração principal. No entanto, quando atingiu a idade de se casar, seus pais interromperam sua carreira. A matemática Ada Lovelace dissimulou seu gênero usando um pseudônimo quando formulou os princípios da programação de computadores. Suas ideias matemáticas estavam tão além de seu tempo que seus pares não conseguiam entendê-las. Mais de um século depois, seus modelos de computador foram reinventados por seus colegas do sexo masculino.

Setenta anos depois do surgimento de Hollywood, Shirley Walker tornou-se a primeira mulher a compor e reger a trilha musical de um grande lançamento. Ela continua sendo uma exceção: dos quinhentos filmes de maior bilheteria nos Estados Unidos em todos os tempos, só doze tiveram suas trilhas sonoras escritas por mulheres.[11] Em 1963, alguém perguntou à antropóloga social Margaret Mead sobre as diferenças entre a criatividade masculina e a feminina. Sua resposta continua relevante:

> Nos países do bloco oriental, onde se espera que as mulheres desempenhem papéis equivalentes aos dos homens nas ciências, um grande número de mulheres demonstrou uma capacidade anteriormente desconhecida. Corremos um enorme risco de desperdiçar metade dos dons humanos ao fechar arbitrariamente qualquer campo a um dos sexos ou ao punir as mulheres que tentam usar criativamente seus dons.[12]

Marginalizando uma grande parcela da humanidade, estamos desperdiçando um enorme capital criativo. É impossível saber quais descobertas perdemos, que ideias nos escaparam ou quais problemas continuam sem solução na medida em que desvalorizamos a criatividade inata de tanta gente. Mas o cálculo é simples: quanto mais sementes plantarmos e regarmos, mais generosa será a colheita da imaginação.

A criatividade é o combustível para o progresso incessante de nossa espécie, embora só uma pequena parcela da população tenha a oportunidade de desenvolver plenamente suas capacidades imaginativas. Em nenhuma área isso fica mais nítido que nas artes. Nas instituições de ensino de elite os alunos têm aulas de música, dança, artes visuais e teatro, mas nos bairros mais pobres a educação artística em geral é considerada um desperdício de recursos. Uma pesquisa feita em 2011 pela Dotação Americana para as Artes perguntou a jovens recém-formados se tinham recebido *alguma* educação em artes durante a vida escolar. Três quartos dos estudantes pertencentes a minorias disseram que não.[13]

Para se tornarem pensadoras inventivas, as mentes jovens precisam das artes. Isso porque as artes, devido a sua visibilidade, são o meio mais acessível para ensinar as ferramentas básicas da inovação. A miniaturização vista numa escultura de Giacometti resulta da mesma estratégia empregada por Edwin Land em sua solução para o brilho ofuscante no para-brisa; a quebra da continuidade visual na pintura cubista de Picasso encontra paralelo nas torres de telefones celulares; a mescla no cervo ferido de Frida Kahlo (com a cabeça dela ligada a um corpo de animal) também se vê nas cabras-aranhas geneticamente modificadas.

Cada aspecto da mentalidade criativa pode ser ensinado por meio das artes — elas são um campo de treinamento em entortar, quebrar e mesclar. Mas, quando as verbas estão apertadas, os diretores de escolas tendem a fazer um frio cálculo econômico: como não estamos vivendo em Nápoles no século XVI, o estudo das artes não vai levar a empregos bem remunerados.

Existem, contudo, boas razões pelas quais a educação artística faz sentido no aspecto econômico, mesmo em escolas voltadas para as ciências. Quando os carros foram inventados, despendeu-se muita engenhosidade para fazê-los funcionar — mas não para torná-los confortáveis. No entanto, conforme cada vez mais gente comprava um, a engenharia já não bastava: um carro de sucesso também precisava de um design elegante. Hoje em dia, o estilo dos painéis, assentos e faróis são

pontos de venda tão importantes quanto o que está por dentro da carroceria.

Os telefones celulares tiveram uma trajetória parecida. De início, poucas pessoas os tinham. A interface com o usuário era tosca, mas o formato de tijolo era tolerável diante da natureza revolucionária da tecnologia. Hoje em dia, no entanto, bilhões de pessoas checam seus celulares centenas de vezes por dia. Com essa megabase de usuários, uma interface ruim condena o produto. É por isso que empresas como Apple, Nokia, Google e outras gastam bilhões de dólares em busca de modelos atraentes, elegantes, fáceis e modernos.

O educador John Maeda afirma que, quanto mais uma máquina se integra a nossa vida diária, mais precisa ser estilosa, não basta ser funcional.[14] Precisamos que nossos aparelhos sejam artísticos além de úteis, do contrário não os usamos. Um número cada vez maior de empresas está reconhecendo a necessidade de criar interfaces mais bem-acabadas. No fim de 2015, o *New York Times* noticiou que a IBM estava contratando 1,5 mil desenhistas industriais, um exército de artistas, com o único objetivo de projetar máquinas mais atraentes.[15]

Forma e função se unem pela ligação entre arte e tecnologia. Poucos anos atrás, a professora de engenharia Robin Murphy, da Universidade Texas A&M, descobriu que os seres humanos tinham dificuldade de interagir com os robôs em seu laboratório. "Os robôs não fazem contato visual. Seu tom nunca muda. Quando se aproximam das pessoas, começam a violar seu espaço pessoal."[16] Para alguém confiar num robô que fosse salvá-lo de um carro capotado ou de um edifício em chamas, não basta que o robô seja mecanicamente hábil: ele também precisa expressar preocupação e afeto. Então Murphy decidiu se voltar para o teatro como um laboratório de sentimentos humanos. Trabalhando com a professora de artes dramáticas Amy Guerin, elas incorporaram robôs voadores a uma montagem de *Sonho de uma noite de verão*, de Shakespeare. A peça é ambientada numa floresta habitada por fadas, e os robôs interpretaram os auxiliares silenciosos dessas fadas. Para intensificar ainda mais o experimento, a equipe de Murphy usou robôs que não pareciam seres humanos — sem rosto, sem braços, sem pernas. A equipe criou uma "linguagem corporal" para os robôs. Se o propósito era transmitir alegria, eles rodavam no ar ou pulavam para cima e para baixo; para exibir raiva, inclinavam-se para baixo em ângulo agudo e avançavam para a frente;

para indicar uma travessura, giravam muito rápido e às vezes davam saltos. Os robôs desempenharam seu papel à perfeição, imitando as emoções e voando sobre a plateia. Trabalhar no teatro ajudou os engenheiros a tornar seus robôs mais simpáticos, transformando criaturas mecânicas em filhos ilegítimos da tecnologia com as artes.[17]

As artes criativas são também um meio de promover o apetite pelo risco. O compositor americano Morton Feldman escreveu que, enquanto "na vida fazemos todo o possível para evitar a ansiedade, na arte devemos ir atrás dela".[18] Nas aulas de ciências, os estudantes aprendem o método experimental, mas em geral seus experimentos estão voltados para a obtenção de um resultado predeterminado: se seguir os procedimentos corretos, chega-se aos resultados esperados. Com as artes, os estudantes aprendem o método experimental, mas sem garantia alguma. A ausência de respostas certas forja uma atitude saudável a respeito da exploração de territórios desconhecidos.

Melhores habilidades artísticas geram engenheiros melhores. Mas existe uma razão ainda mais profunda para a importância da arte: além de melhorar as ciências, elas guiam a cultura.

UM FLUXO CONTÍNUO DE "COMO SERIA SE?"

Nossas previsões sobre o futuro são revistas não somente por fatos novos, mas também pelo faz de conta. Obras de arte influenciam continuamente a direção do futuro, porque são como remixes dinâmicos da vida real. Dessa forma, servem como balões de ensaio, sendo avaliadas por seus méritos. Ao simular futuros possíveis, nos baseamos em mais do que em nossa experiência factual: podemos avaliar ideias sem o custo e o perigo de testar cada uma na vida real. Como disse Marcel Proust, "graças à arte, em vez de vermos apenas um mundo, o nosso, vemos esse mundo se multiplicar". Os artistas fazem upload de suas simulações na nuvem cultural, permitindo que a espécie veja, além do real, o possível. A arte molda constantemente a paisagem das possibilidades, iluminando caminhos antes não vistos.

Esses caminhos alternativos influenciaram o curso da história. Napoleão afirmou que a peça *As bodas de Fígaro*, de Beaumarchais, em que um serviçal supera um conde em astúcia, ajudou a desencadear a Revolução Francesa. Ela mostrou às classes inferiores que podiam levar a melhor sobre seus senhores. E é por isso que os governos autoritários reprimem tanto as artes: depois que o upload de uma possibilidade foi feito, ela pode ganhar vida própria.

Os "como seria se" têm o poder de navegar assuntos internacionais. Durante a Segunda Guerra Mundial, as Forças Armadas aliadas buscaram novas ideias na ficção científica e recrutaram autores para que enviassem suas possibilidades mais excêntricas. Aquelas que escolhiam não usar eram "vazadas" para as potências do Eixo como se fossem planos reais.[19] Uma coisa parecida aconteceu nos anos seguintes aos ataques terroristas de 11 de setembro de 2001: o Departamento de Segurança Interna dos Estados Unidos contratou uma equipe de escritores de ficção científica para elaborar um criativo portfólio de cenários de ataque, sob o lema "Ficção Científica de Interesse Nacional". Um dos autores participantes, Arlan Andrews, comentou que os escritores de ficção científica "passam a carreira inteira vivendo no futuro. Os responsáveis pela segurança de nossa nação precisam de gente que tenha ideias malucas".[20]

Por sermos uma espécie criativa, nos apoiamos em fatos *e* em ficções para navegar pelo mundo. Graças ao espaço neural existente em nosso cérebro entre a sensação e a ação, somos capazes de nos afastar da realidade imediata e nos abrir para possibilidades remotas. Nas palavras da poetisa Emily Dickinson: "O cérebro é maior que o céu."[21] Ao oferecer um fluxo contínuo de "como seria se", as artes cumprem uma função importante: multiplicam nossos modelos possíveis de mundo, o que nos permite patrulhar esses horizontes mais amplos.

Em 2008, a escola primária H.O. Wheeler, de Burlington, em Vermont, era um fracasso. Havia garrafas de cerveja jogadas por todo o *campus*, e o vandalismo só fazia crescer. Apenas 17% dos alunos de terceiro ano atingiam as metas fixadas pelo estado. Noventa por cento dos estudantes tinham direito a merenda grátis ou a baixo custo. As famílias mais ricas evitavam a escola: a apenas um quilômetro e meio de distância, outra escola primária era a imagem invertida da Wheeler, com apenas 10% tendo direito a merenda grátis ou a baixo custo.

Num esforço para se salvar, a escola acrescentou artes ao ensino. De início os professores relutaram, mas a direção observou que, embora eles tivessem recebido mais formação em alfabetização que os demais professores do estado, seus alunos ainda eram reprovados em proporções inaceitáveis. Após ter caído para os últimos lugares na classificação das escolas do estado, valia a pena tentar outro método.

A base da estratégia da escola foi pedir aos professores que trabalhassem junto com artistas em atividade. Em poucos anos, a escola tinha implantado uma ampla grade curricular em que os estudantes se alternavam entre música, teatro, dança e artes visuais, com projetos criativos vinculados a cada modalidade. Para um curso de ciências sobre a classificação das folhas os alunos de terceiro ano desenharam diferentes tipos de folha e depois usaram seus formatos e nervuras para criar arte abstrata. Fizeram centenas de tigelas de cerâmica para uma noite de "Tigelas Cheias", em que serviram sopa e pão para a comunidade. Os alunos do quarto ano escreveram um musical juntos, que encenaram num teatro local. Os alunos mediram os ângulos nas pinturas de Kandinsky e apresentaram uma dança sobre a tectônica de placas. Todas as sextas-feiras, havia uma celebração artística de toda a escola.

Em 2015, dois terços dos alunos de terceiro ano alcançaram as metas fixadas para o estado, com sensível melhora em todas as idades. Houve uma reviravolta na cultura do *campus*: os professores viram os alunos chegando à escola mais comprometidos e mais felizes, e a incidência de problemas disciplinares e de faltas caiu. Durante as aulas de artes, o gabinete do diretor era um lugar deserto, com apenas 1% das ações

disciplinares ocorrendo nesses horários. E houve uma maior participação dos pais: a frequência às reuniões de pais e professores subiu de 40% para mais de 90%.

O restante da cidade reparou no acontecido. Uma instituição que antes estivera à beira do colapso foi escolhida como uma das mais bem-sucedidas do estado. O *campus* revitalizado mudou a percepção da sua vizinhança: uma escola que já fora tratada como "*campus* do gueto" se tornou uma referência.[22]

Para milhões de crianças em idade escolar no mundo inteiro, o pensamento criativo fica além do horizonte da grade curricular. Mas escolas como a Wheeler mostram que vale a pena mudar essa visão. Artistas ou cientistas, todos nós merecemos a oportunidade de desenvolver nossas faculdades criativas. Caso contrário, o que a sociedade oferece é uma educação incompleta.

Quando aprendemos a dirigir um carro, começamos aos poucos: checar os retrovisores, dar seta ao mudar de faixa, prestar atenção no trânsito, observar o velocímetro. Mais tarde, conseguimos dirigir com um café quente numa das mãos, conversando com o cônjuge e os filhos, o rádio ligado e o celular tocando, tudo a cem quilômetros por hora. Da mesma forma, o objetivo do aprendizado criativo deveria ser exercitar conscientemente o entortar, quebrar e mesclar ideias para internalizar essa prática, que roda em segundo plano até a idade adulta e além.

A criatividade não é um esporte de observação. Exposição e encenação são de muito valor, mas não basta ouvir Beethoven e representar Shakespeare. Os próprios estudantes precisam entrar no jogo do entortar, quebrar e mesclar.

Muitas vezes, a educação está focada em olhar para trás, para os conhecimentos recebidos e os resultados consagrados. Mas ela também deveria apontar para a frente, para o mundo que nossas crianças vão desenhar, construir e habitar. Como disse o psicólogo Stephen Nachmanovitch, "a educação deve se valer da íntima relação entre o jogo e a exploração; deve haver permissão para explorar e se expressar. Deve haver valorização do espírito exploratório, que por definição nos afasta do que já foi tentado ou testado e do homogêneo".[23]

Nossa missão é treinar nossos alunos para multiplicarem opções, irem até diferentes distâncias da colmeia e tolerarem a ansiedade de não conhecerem o resultado. Fatos e respostas corretas não bastam — os estudantes também precisam empregar o que sabem como degraus que os levem a suas próprias descobertas. Poucas qualidades têm tão duradouro valor quanto uma imaginação ativa: ela impacta todos os aspectos de nossa experiência. Dentro de poucas décadas, nossas casas, cidades, nossos carros e aviões serão muito diferentes dos que vemos hoje; haverá novos tratamentos médicos, novos tipos de smartphone, novas obras de arte. O caminho para o futuro começa nos jardins de infância de hoje.

CAPÍTULO 13

DAQUI PARA O FUTURO

Há pouco tempo, uma equipe internacional de pesquisa espacial chamada Breakthrough Starshot anunciou o plano de enviar uma espaçonave até Alfa Centauro, a estrela mais próxima de nós. Ao pensar em "espaçonave", tendemos a imaginar um foguete parecido com a Apollo 13 apoiado numa plataforma de lançamento. Mas uma nave daquele tamanho levaria dezenas de milhares de anos para fazer a viagem, e uma única falha de funcionamento condenaria toda a missão. A equipe elaborou um plano alternativo: em vez de uma única nave espacial gigantesca, eles lançariam uma frota de nanonaves, cada uma equipada com sondas do tamanho de um chip e uma minúscula vela. Gigantescos lasers na Terra lhes dariam impulso, acelerando-as a um quinto da velocidade da luz. Como ocorre com um cardume, nem todas as nanonaves sobreviveriam à viagem, mas com sorte um número suficiente chegaria a Alfa Centauro para nos enviar dados. Esse tipo de incursão para além do conhecido acontece por toda parte, desde nossas casas a nossos livros, a nossos sistemas educacionais, à tecnologia que carregamos no bolso.

A pressão pela novidade não diminui. Nosso cérebro está sempre nos incentivando a combater o monótono e o previsível, buscando um equilíbrio entre o conhecido e a novidade. Isso é o que leva nossa espécie a se afastar constantemente do tédio e do *statu quo*. O impulso de quebrar a rotina é a base da criatividade.

O processo criativo é auxiliado pela natureza social de nosso cérebro. Os seres humanos formam laços uns com os outros não apenas pelo contato físico, mas também pela inventividade. Eles recebem atenção quando surpreendem uns aos outros. Embora as inovações permeiem todo o fluxo cultural, nossa sede de novidade não se sacia. Nunca nos contentamos.

Existem indícios dispersos de inventividade em espécies selvagens, mas suas "criações" não chegam nem perto das músicas e dos castelos de areia feitos por uma criança de quatro anos. O cérebro humano tem um córtex enorme (particularmente, um córtex pré-frontal gigante), o que nos dá facilidade em compreender e manipular conceitos sofisticados. Não

podemos correr tão rápido quanto um jaguar, mas nossa capacidade de rodar simulações internas não tem equivalente no reino animal. O mundo civilizado é produto dos "como seria se", acumulados geração após geração. Uma leve alteração em nossos algoritmos neurais nos permitiu moldar o mundo à luz de nossa imaginação, impulsionando a espécie em sua trajetória irrefreável.

Como vimos em capítulos anteriores, novas ideias não surgem do nada. São construídas a partir da matéria-prima da experiência: a criatividade humana envolve numerosas árvores de conhecimento interconectadas que se cruzam constantemente. O destino das coisas é decidido por uma caixa de ferramentas cognitivas que todos temos. Quando você importa uma imagem para um software gráfico, é indiferente se a foto é de um avião ou de um grupo de zebras: para o software, "girar imagem" é um algoritmo que trabalha com dados. Da mesma forma, nossas redes neurais trabalham com dados mentais usando as sub-rotinas existentes: quer estejamos pensando numa patente, num refrão musical, numa receita ou no que dizer, transformamos a matéria-prima da experiência entortando, quebrando e mesclando. São as aplicações infinitas desse software cognitivo a base de seu poder criador.

No decorrer de um dia, observe toda a criatividade que está a sua volta. As fachadas dos prédios, as partes internas das geladeiras, o design dos carrinhos de bebê, fones de ouvido, apitos, cintos, smartphones, mochilas, janelas e quiosques de comida — são todos frutos da colossal floresta da invenção que brota em torno de nossa espécie. Grande parte da engenhosidade que existe a nossa volta está invisível: quando atendemos ao celular, dirigimos um carro ou mandamos e-mails pelo laptop, estamos usufruindo de séculos de criatividade de nossa espécie. Essa mesma inventividade está plenamente exposta quando entramos em contato com as artes: uma peça de Shakespeare contém neologismos, metáforas, jogos de palavras de grande densidade; uma obra musical apresenta quebras, entortamentos e mesclagens que emergem depois de meses no estúdio. As artes não se encontram divorciadas do resto de nossa experiência: elas são a nossa experiência mais destilada.[1]

A inovação brota de um processo contínuo de ramificação e seleção. Testamos uma porção de ideias. Algumas sobrevivem. Estas vão constituir a base da próxima rodada de invenção e experimentação. Diversificando e filtrando continuamente, nossos dotes imaginativos colocaram um teto

sobre nossa cabeça, triplicaram nosso tempo de vida, produziram nossas máquinas onipresentes, nos forneceram infinitos meios de impressionar uns aos outros e nos mergulharam numa nascente inesgotável de músicas e histórias.

Muitos artistas do Renascimento europeu pintavam leões, símbolo de poder e majestade que foi tema de fábulas e de passagens bíblicas. Mas é inegável que os leões deles tinham uma aparência estranha.

Por quê? Porque nenhum desses artistas tinha *visto* um leão de verdade. Eram pintores europeus, e os leões estavam na África, do outro lado do mundo. Portanto, os leões que eles pintavam eram os leões *de outras pessoas*, que iam ficando cada vez mais distantes dos verdadeiros reis da selva. Os pintores tinham informações restritas nas quais se basear: não podiam viajar muito, seu acesso à literatura era restrito e a comunicação além da esfera local era difícil. Seu depósito de matérias-primas contava com poucas prateleiras.

Mas isso está mudando rapidamente.

Da mesma forma que a Revolução Industrial foi um ponto de virada na história mundial, talvez um dia historiadores falem da Revolução Criativa que começou em nossa época. Graças à conservação e ao armazenamento em meios digitais, construímos para nós mesmos um imenso depósito de matérias-primas facilmente acessíveis. Há muito mais coisas para entortar, quebrar e mesclar. Há mais história à mão para absorver, processar e embelezar.

E não só isso. As normas que regem o compartilhamento de ideias estão mudando. O Grande Colisor de Hádrons é um exemplo de pesquisa que transcende culturas locais: embora seus países estivessem em conflito, cientistas da Índia e do Paquistão, do Irã e de Israel, da Armênia e do Azerbaijão estão juntos sob uma bandeira comum em favor de um propósito mais elevado: a busca da verdade científica. Em conjunto com essas mudanças culturais, os computadores estimulam e democratizam a criatividade, fornecendo novas maneiras de manipular o que ocorreu antes de nós, sejam fotos, sinfonias ou textos. E a localização já não é um problema: agora que a internet reduziu a zero as distâncias entre os povos, estão nascendo novas culturas que já não se definem pelos oceanos e pelas cadeias de montanhas. Nossa época tornou mais fácil que nunca multiplicar opções, construir protótipos e inspirar globalmente. Tudo isso lança mais combustível à fogueira do progresso.

Embora o Renascimento tenha sido um importante ponto de virada para o mundo intelectual, agora estamos numa marcha muito mais acelerada. Digerimos matérias-primas em maior quantidade e com mais rapidez. Os pintores medievais podem não ter tido conhecimento direto de leões, mas hoje em dia os leões são conhecidos nos mínimos detalhes, até o seu genoma, graças à criatividade de uma espécie vizinha que um dia ocupou um canto da África e hoje está espalhada pelo planeta.[2]

Assistentes digitais estão se tornando parte de nossa vida. Faça qualquer pergunta à Siri sobre endereços ou vocabulário, e ela vai esquadrinhar toda a web e dar uma resposta impressionante. Ela tem um acesso sobre-humano aos fatos.

Mas tem também uma limitação fundamental: ela não faz ideia de que os seres humanos largam seus celulares e saem para viver a vida; ela nada sabe sobre os prazeres do sexo ou o ardor de uma pimenta. Nem se importa com isso, porque vive dentro do aquário que é seu próprio mundo. Na área da inteligência artificial, isso se chama "suposição de mundo fechado": quando alguma coisa é programada para uma tarefa específica, ela não sabe nada além daquilo.

A surpresa é que os seres humanos muitas vezes agem com a mesma limitação do mundo fechado. Somos propensos a supor que, seja o que for que conhecemos, é aí onde as coisas terminam. Mentalmente, estamos amarrados a nosso mundo contemporâneo. Imaginamos que o futuro será muito parecido com o presente, embora as limitações dessa mentalidade fiquem claras com um rápido olhar para o passado. Quando nossos avós eram jovens, eles não imaginavam que suas bibliotecas se evaporariam numa nuvem de zeros e uns, que alguns tratamentos médicos se fariam com a injeção de novos genes em sua corrente sanguínea ou que eles andariam por aí carregando no bolso pequenos retângulos capazes de receber mensagens por meio de satélites espaciais em qualquer lugar do mundo. Da mesma forma, é difícil imaginar que dentro de algumas décadas nossos filhos talvez tenham seus próprios carros autônomos. Uma criança de seis anos poderá ir sozinha para a escola: bastará prender o cinto de segurança e dar tchau. Além disso, em caso de emergência, seu próprio carro autônomo poderia ser transformado numa ambulância: se seus batimentos cardíacos se tornarem irregulares, o monitor biológico do carro vai detectar isso e se reorientar para o hospital mais próximo. E não há motivo para você ficar sozinho no carro. Você pode entrar num carro autônomo e receber uma manicure ou um tratamento dentário enquanto se dirige ao próximo destino: os escritórios podem ser totalmente móveis. Uma vez que os carros realmente se conduzam sozinhos, não há motivo

para que haja um volante e assentos voltados para a frente: ele pode facilmente ter a configuração de uma sala de estar com sofás, ou ser uma jacuzzi ambulante. Mas como supomos que o mundo vai mudar muito pouco, normalmente é difícil prever o que vem chegando.

À primeira vista, pode parecer que nossa dificuldade para imaginar o futuro talvez detenha a tsunami criativa de nossa espécie. Mas a onda segue crescendo. Por quê? Porque as artes e as ciências nos mantêm atacando a fronteira do mundo que ainda não inventamos. Ao contrário da Siri, não temos um mundo hermeticamente fechado; nosso mundo tem fronteiras porosas que vazam para o futuro. Somos capazes de equilibrar o entendimento de nossa realidade presente e um futuro imaginário. Estamos sempre olhando por cima dos muros do hoje e vendo as paisagens do amanhã.

As condições estão ótimas para um surto de inovações, mas isso só vai acontecer se houver investimentos adequados em todos os níveis de nossa sociedade. Se não cultivarmos a criatividade das crianças, não aproveitaremos totalmente o que há de único em nossa espécie. É preciso investir em imaginação.

Esse investimento criaria um futuro que só podemos imaginar. Imagine se você voltasse no tempo oito milhões de anos e tivesse uma conversa com a Mãe Natureza. Ela diria: “Estou pensando em criar uma versão de primata sem pelos, mais fraco, que exponha os genitais e o baixo-ventre porque anda ereto e depende dos pais durante anos antes de conseguir se virar sozinho. O que você acha?” Você não imaginaria que essa criatura tomaria conta do planeta. Da mesma forma que a Mãe Natureza, não podemos saber como vai ser o mundo no futuro; não sabemos quais novas ideias vão vingar.

É por isso que precisamos regar as sementes que estão a nossa volta, em todas as regiões. Precisamos instituir salas de aula em que as opções se multipliquem, a tolerância ao risco seja favorecida, as respostas erradas sejam exploradas criativamente e as crianças sejam estimuladas a lançar balões de ensaio em direção ao futuro. Precisamos moldar pessoas e empresas para que novas ideias floresçam nelas, diferentes distâncias sejam exploradas, a poda faça parte do processo e a mudança seja a regra. Não sabemos até onde um investimento em criatividade pode nos levar. Mas, se pudéssemos ver o futuro, seus frutos certamente nos espantariam.

As bases do amanhã estão sendo lançadas hoje. As boas ideias do futuro virão de entortar, quebrar e mesclar aquilo que nos cerca hoje. Os ingredientes estão a nossa volta, esperando para serem remodelados, fraturados e combinados. Com o investimento necessário em nossas escolas e empresas, nosso impulso criativo vai ganhar ainda mais velocidade. Juntos, vamos descobrir novas possibilidades e escrever a história de nosso futuro.

Agora, feche este livro e refaça o mundo.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão aos membros do corpo docente da Universidade Rice, cujo apoio e incentivo tornaram este livro possível: Caroline Levander, vice-presidente para iniciativas estratégicas e educação digital; Farès El-Dahdah e Melissa Bailor, do Centro de Pesquisas de Humanidades; e Robert Yekovich, diretor da Escola de Música Shepherd. Queremos deixar aqui nossos elogios ao trabalho dos cientistas cognitivos Mark Turner, da Universidade Case Western, e Gilles Fauconnier, da Universidade da Califórnia - San Diego, cuja teoria da mescla conceitual ofereceu um fundamento importante para nosso livro.

Somos imensamente gratos pelas entrevistas e correspondências com as seguintes pessoas: o inventor Karlheinz Brandenburg; Pamela Cogburn e Chelsea Johnson, da Renaissance Exploratory Learning Outward Bound School, em Castle Rock, Colorado; John Wesley Days Jr., da EMC Arts; a psicóloga e educadora Lindsay Esola; o arquiteto David Fisher; David Hagerman, CEO da Loewy Design, LLC; Sherry Huss, da Maker Media; a professora Judy Klima e o diretor Bobby Riley, da Academia de Artes Integradas da H.O. Wheeler, em Burlington, Vermont; o inventor Kane Kramer; Tracy Mayhead, professor de tecnologia na escola primária William Law Church of England; Pascale Mussard, diretor artístico da Hermès Petit h; Chloe Nguyen, Kamal Shah e Erica Skerrett, da Rice 360; Michael Pavia, da Glori Energy; a arquiteta e designer Emily Pilloton, do Project H; Allison Ryder e Kevin Young, da Continuum Innovations; os designers de robótica Manuela Veloso, da Carnegie Mellon, e Joydeep Biswas, da Universidade de Massachusetts-Amherst; e o químico Bayden Wood, da Universidade Monash.

Gostaríamos de agradecer de modo especial às seguintes pessoas por terem gentilmente compartilhado seu trabalho conosco: o artista Cory Arcangel; o pessoal do Ansari X-Prize; Frank Avila-Goldman e Shelley

Lee, do espólio de Roy Lichtenstein; o artista Thomas Barbèy; o cientista de computação e designer Bill Buxton; Stephen Cassell, Ethan Feuer e Jennifer Wachtel, do Architectural Research Office; o escultor Bruno Catalano; Kwanghun Chung, do MIT; o tecnólogo Joshua Davis; o jornalista Steve Cichon; Sarah Edelman, da Alessi S.P.A.; os artistas Chitra Ganesh e Simone Leigh; Saul Griffith e Diana Mitchell, do Otherlab; Alan Kaufman, da Nubrella, Inc.; o inventor Ralf Kittmann; Che Mong Jay Ko, da Universidade de Illinois em Urbana-Champaign; o designer Jeff Kriege; Per Olag Kristensson, da Universidade de Cambridge, e Antti Oulasvirta, da Universidade Aalto; o designer Max Kulich; o moveleiro Joris Laarman; Chuck Lauer, da Rocketplane Global, LLC; o artista plástico Christian Marclay; Mukesh Maheshwari, da Ercon Composites; Amy McPherson, da Volute; Kirstie Millar, da Visual Editions; o artista Yago Partal; Sally Radic, do espólio de Philip Guston; o fotógrafo Jason Sewell; o fotógrafo Peter Stigter; Skylar Tibbits, do MIT; JP Vangsgaard, da Liquiglide; o escultor Zhan Wang; o artista Craig Walsh; e Marjolein Cho Chia Yuen, da GBO Innovation Makers.

Agradecemos também a assistência e o apoio que recebemos de Sophie Anderson, da Giant Artists; Gassia Armenian e Don Cole, da Biblioteca Fowler, da Universidade da Califórnia — Los Angeles; o cientista cognitivo Mihailo Antovic; Alan Baglia, da ARS; Patricia Baldi, do Museu do Design, em Zurique; Isabelle Bazso, da Simply Management; Suzanne Berquist, da Thomas Barbey LLC; as Galleries Bertoux; Robert Bilder, diretor do Centro Tennenbaum para Biologia da Criatividade da UCLA; Kim Bush, do Museu Guggenheim; David Croke e Chelsea Weathers, da Universidade do Texas, em Austin; Julia DeFabo, da Friedman Benda Gallery; Siobhan Donnelly, da VAGA; Carolyn Farb; Todd Frazier, diretor do Centro para Artes Performáticas na Medicina do Hospital Metodista; Raphael Gatel, da Gallery LLC em Nova York; os drs. Daniel Giovannini e Mary Jacquiline Romero, da Universidade de Glasgow; Sue Greco, da IBM; Julie Green, da David Hockney Reproductions; Yasmin Greenfield e Matt Lees, da PA Consulting; Carole Hwang, da CMG Worldwide; Michele Hilmes, da Universidade de Wisconsin-Madison; Cena Jackson, da Hermès; Gretta Johnson, do Oldenburg van Bruggen Studio; Elliot Kaufman, do Arcangel Studio; Jeff Lee, da Ryan Lee Gallery; Stephanie Leguia, da Luis and Clark Carbon Fiber Instruments; Megan Lewis, da

Lowe's Companies, Inc.; dr. John Lienhard, da Universidade de Houston; o escritor Victor McElheny; Liz Kurtulik Mercuri, da Art Resource; o compositor Ben Morris; Andrea Morrison, da Writers House, LLC; Mike Mueller, do espólio de Norman Rockwell; Yasufumi Nakamori, Shelby Rodriguez, Marty Stein e Cindi Strauss, do Museum of Fine Arts em Houston; Cris Piquela, da Curtis Publishing; Brigid Pierce, da Martha Graham Company; Rebecca Rigney, da Arthur Roger Gallery; Rory Stewart, da Mercedes-Benz; Holly Taylor, da Bridgeman Images; Eva Thaddeus, do Project Glad; e Edward Zimmerman, da Sony Pictures Television.

Não poderíamos deixar de agradecer a nossos colegas da Universidade Rice por dividir conosco seus conhecimentos especializados: Mary DuMont Brower, Diane Butler e Virginia Martin (Biblioteca Fondren); Karen Capo e Margaret Immel (Projeto de Letramento e Cultura Escolar); Robert Curl (química); Michael Deem (bioengenharia); Charles Dove (artes visuais e dramáticas); Suzanne Kemmer (linguística); Veronica Leautaud (Instituto de Saúde Global Rice 360); Joseph Manca (história da arte); Linda Spadden McNeil (Centro de Educação da Universidade Rice); Cyrus Mody (história); Carolyn Nichol (química); Maria Oden e Matthew Wettergreen (Oshman Engineering Design Kitchen); Rebecca Richards-Kortum (bioengenharia); e Sarah Whiting (reitora da Escola de Arquitetura).

Desejamos ainda expressar nossa gratidão a Andrew Wylie, Kristina Moore, James Pullen e Percy Stubbs, da Wylie Agency, e a nossos *publishers* em língua inglesa, Elizabeth Koch e Jamie Byng. Somos também gratos pela colaboração prestada por Kristina Kendall e Jen Wekelo, da New Balloon, e por Jennifer Beamish e Justine Kershaw, da Blink Films. Agradecemos ainda, sinceramente, a nossos assistentes de pesquisa, Sarah Grace Graves e Gregory Kamback. Uma palavra de gratidão ainda a Anne Chao, Cathy Maris e Alison Weaver pelos comentários numa das primeiras versões do original deste livro. Por fim, expressamos nossa profunda gratidão a nossos editores por sua dedicação e apoio: Andy Hunter, na Catapult, e Simon Thorogood, Jenny Lord e Helen Coyle, na Canongate Books.

CRÉDITOS DAS IMAGENS

Introdução
Controle da Missão da NASA durante a falha na célula de oxigênio da Apollo 13 Cortesia da NASA
Pablo Picasso: Les Demoiselles d'Avignon, 1907 Museu de Arte Moderna, Nova York, EUA/Bridgeman Images. © 2016 Espólio de Pablo Picasso / Artists Rights Society (ARS), Nova York

Capítulo 1
Retrato do trompetista Theo Croker Foto por William Croker
Elly Jackson da La Roux com um topete Foto por Phil King
Perfil de uma bela mulher africana com cachos em estilo moicano © Paul Hakimata | Dreamstime.com
Mulher com flores no cabelo (Nenhuma atribuição é necessária)
Aaron Stewart, sargento do Exército americano, compete numa bicicleta reclinada durante os Invictus Games de 2016 Foto jornalística do Departamento de Defesa dos EUA, por E.J. Hersom
Snowboard bicycle Cortesia de Michael Killian
DiCycle Cortesia da GBO Innovation Makers, www.gbo.eu
Conference bicycle Foto de Frank C. Muller [CC BY-SA 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)], via Wikimedia Commons
Estádio Nacional de Brasília, Brasil (Nenhuma atribuição é necessária)
Estádio Miejski, Poznan, Polônia Por Ehreii (Obra própria), [CC BY 3.0, (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10804159)]
Estádio do SC Beira-Mar em Aveiro, Portugal CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=139668
Saddledome, Calgary, Alberta, Canadá Por Abdallahh de Montreal, Canadá (Saddledome de Calgary postado por X-Weinzar) [CC BY 2.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0)], via Wikimedia Commons

Atividade cerebral medida por magnetoencefalografia exibindo a diminuição da resposta a um estímulo repetido Cortesia de Carles Escera, BrainLab, Universidade de Barcelona
Esqueumorfo de uma estante de livros digital Por Jonobacon
Apple Watch Por Justin14 (Obra própria) [CC BY-SA 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0)], via Wikimedia Commons

Capítulo 2
Anúncio do Casio AT-550-7 © Casio Computer Company, Ltd.
IBM Simon (Nenhuma atribuição é necessária)
Data Rover Foto por Bill Buxton
Palm Vx Foto por Bill Buxton
Propaganda da Radio Shack Cortesia de Steve Cichon/BuffaloStories Archives
Esquema de Kane Kramer para o IXI Cortesia de Kane Kramer
iPod de primeira geração, da Apple Foto por Jarod C. Benedict
Paul Cézanne: Mont Sainte-Victoire Philadelphia Museum of Art
El Greco: O quinto selo do Apocalipse (visão de são João) Metropolitan Museum of Art, Rogers Fund, 1956
Paul Gauguin: Nave Nave Fenua (Nenhuma atribuição é necessária)
Cabeça de mulher ibérica do III ao II século a.C. Foto por Luis Garcia
Detalhe de Les Demoiselles d'Avignon © 2016 Espólio de Pablo Picasso / Artists Rights Society (ARS), Nova York
Máscara fang do século XIX Museu do Louvre, Paris
Krzywy Domek Foto por Topory
Yago Partal: Defragmentados Cortesia do artista e de Keep It Simple
Thomas Barbey: Oh Sheet! Cortesia do artista
Centro Pompidou Foto por: Hotblack

Capítulo 3
Catedral de Rouen Foto por ByB
Claude Monet: Rouen Cathedral – End of the Afternoon National Museum of Belgrade
Claude Monet: Rouen Cathedral – Façade (Sunset), harmony in gold and blue Musée Marmottan Monet, Paris, França

Claude Monet: Rouen Cathedral – Façade 1 Pola Museum of Art, Hakone, Japão
Monte Fuji (Nenhuma atribuição é necessária)
Quatro das "36 vistas do monte Fuji" de Hokusai (Nenhuma atribuição é necessária)
Escultura maia, período clássico tardio American Museum of Natural History. Foto pot Daderot, [CC0 ou CC0], via Wikimedia Commons
Escultura Dogu japonesa Musée Guimet, Paris, França. Foto por Vassil
Figura de fertilidade: Feminina (Akua Ba). Gana; Axante. Séc. XIX-XX. Madeira, contas, corda. 10 11/16 x 3 3/16 x 1 9/16 pol. (27,2 x 9,7 x 3,9 cm). The Michael C. Rockefeller Memorial Collection, doação de Nelson A. Rockefeller, 1979. Fotografia por Schecter Lee. The Metropolitan Museum of Art © The Metropolitan Museum of Art. Fonte da imagem: Art Resource, NY
Cavalo. China, dinastia Han (206-220 a.C.). Bronze. A 3 1/14 pol. (8,3 cm); L 3 1/8 pol. (7,9 cm). Presente de George D. Pratt. The Metropolitan Museum of Art, Nova York, NY EUA © The Metropolitan Museum of Art. Fonte da imagem: Art Resource, NY
Figura de cavalo. Circa 600-480 a.C. Cipriota, período cipro-arcaico II. Terracota; feito a mão; A 6 1/2 pol. (16,5 cm). The Cesnola collection, adquirido através de subscrição, 1874-76. The Metropolitan Museum of Art, Nova York, NY, EUA © The Metropolitan Museum of Art. Fonte da imagem: Art Resource, NY
Cavalo de bronze. Grego, período geométrico, século VIII a.C. Bronze, ao todo: 6 15/16 x 5 1/4 polegadas (17,6 x 13,3 cm). The Rogers Fund, 1921. The Metropolitan Museum of Art © The Metropolitan Museum of Art. Fonte da imagem: Art Resource, NY
Claes Oldenburg: Petecas Nelson-Atkins Museum of Art, Kansas City, Missouri. Foto por Americasroof
JR: Mohamed Yunis Idris Cortesia de JR-art.net
Alberto Giacometti: Piazza Guggenheim Museum of Art, Nova York © 2016 Espólio de Alberto Giacometti/Licenciada por VAGA e ARS, Nova York, NY
Anastasia Elias: Pirâmide Cortesia do artista
Vic Muniz: Sandcastle no. 3 Arte © Vik Muniz/Licenciada por VAGA, Nova York, NY

Visão por um vidro não polarizado e pelo vidro polarizado de Land Cortesia de Victor McElheny

Duas fotografias de Martha Graham das fotografias e papéis de Barbara e Willard Morgan (Coleção 2278): "Carta ao mundo" e "Lamentação" Barbara and Willard Morgan photographs and papers, Library Special Collections, Charles E. Young Research Library, UCLA

Frank Gehry e Vladu Milunic: Casa Dançante, Praga, Tchecoslováquia Foto por Christine Zenino [CC BY 2.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0)], via Wikimedia Commons

Frank Gehry: Torre Beekman, Nova York (Nenhuma atribuição é necessária)

Frank Gehry: Centro Lou Ruvo de Saúde Cerebral, Las Vegas, Nevada Foto por John Fowler [CC BY 2.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/2.0)], via Wikimedia Commons

Tanque adaptável da Volute Cortesia de Volute Inc., uma empresa Otherlab

Claes Oldenburg: Bolsa de gelo – Escala B, 16/25, 1971. Construção cinética programada em alumínio, aço, nylon, fibra de vidro. Dimensões variáveis 48 x 48 x 40 pol. (121,9 x 121,9 x 101,6 cm). Edição de 25 Coleção particular, James Goodman Gallery, Nova York, EUA/Bridgeman Images. © 1971 Claes Oldenburg

Ant-Roach Cortesia de Otherlab

Roy Lichtenstein: Catedral de Rouen, Conjunto 5 1969 Óleo e tinta Magna sobre tela 63 x 42 pol. (160 x 106,7 cm) (cada) Cortesia do espólio de Roy Lichtenstein

Monet: Ninfeias e ponte japonesa Museu de Arte da Universidade Princeton. Da coleção de William Church Osborn, turma de 1883, trustee da Universidade Princeton (1914-1951), presidente do Metropolitan Museum of Art (1941-1947); doada por sua família

Monet: A ponte japonesa Museu de Arte Moderna, Nova York

Caricatura de Donald Trump Por DonkeyHotey

Francis Bacon: Três estudos para retratos (incluindo autorretrato) Coleção particular/Bridgeman Images. © Espólio de Francis Bacon. Todos os direitos reservados / DACS, Londres / ARS, NY 2016

Buris e lâminas encontrados por Denis Peyrony na caverna Bernifal, Meyrals, Dordonha, França. Magdaleniano superior, aprox. 12000-

10000 AP. Em exibição no Museu Pré-Histórico Nacional em Les Eyzies-de-Tayac Foto por Semhur
Facas das Filipinas Coleção de Armas e Armaduras Primitivas das Ilhas Filipinas no Museu Nacional dos Estados Unidos, Smithsonian Institution. Fotos por Herbert Krieger
Guarda-chuva Senz Foto por Eelke Dekker
Unbrella Cortesia de Hiroshi Kajimoto
Nubrella Cortesia de Alan Kaufman, Nubrella

Capítulo 4
Sophie Cave: Cabeças flutuantes © CSG CIC Glasgow Museums and Libraries Collections
Auguste Rodin: A Sombra – Torso Pinacoteca do Estado de São Paulo. Foto por Dornicke
Magdalena Abakanowicz: Os Irreconhecidos Foto por Radomil
Barnett Newman: Obelisco quebrado Foto por Ed Uthman
Georges Braque: Natureza-morta com violino e jarro, 1910 (Óleo sobre tela) Kunstmuseum, Basel, Suíça/Bridgeman Images
Pablo Picasso: Guernica (1937), óleo sobre tela Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madri, Espanha/Bridgeman Images. © 2016 Espólio de Pablo Picasso / Artists Rights Society (ARS), Nova York
Torre de iluminação frangível Cortesia de NLR – Netherlands Aerospace Center
David Hockney: Palavras cruzadas, Mineápolis, jan. 1983. Colagem fotográfica. Edição de 10. 33X46 © David Hockney. Foto por Richard Schmidt
Georges Seurat: Un dimanche après-midi à l'île de la Grande Jatte Art Institute of Chicago, Helen Birch Bartlett Memorial Collection, 1926.224
Pixelização digital
Bruno Catalano: Os viajantes Foto por Robert Poulapol. Cortesia do artista e das Galeries Bertoux
Arquitetura dinâmica Cortesia de David Fisher – Dynamic Architecture
Cory Arcangel: Super Mario Clouds. 2002. Super Mario Bros hackeado. Cartucho e console de videogame Nintendo NES © Cory Arcangel. Imagem cortesia de Cory Arcangel
Trator a vapor do século XIX Foto por Timitrius

O hipocampo de um rato visto pelo método Clarity Cortesia de Kwanghun Chung, Ph.D.

Capítulo 5
Minotauro (Nenhuma atribuição é necessária)
Esfinge Foto por: Nadine Doerle
Dona Fish, povos ovimbundos, Angola. Aprox. anos 1950-1960. Madeira, pigmento, metal, técnica mista. A 75 cm. Fowler Museum da UCLA X2010.20.1; Presente de Allen F. Roberts e Mary Nooter Roberts Imagem cortesia de Fowler Museum da UCLA. Fotografia por Don Cole, 2007
Ruppy de dia e no escuro Cortesia de CheMyong Jay Ko, PhD
Esqueleto humano Foto por Sklmsta [CC0], via Wikimedia Commons
Bone rocker, de Joris Laarman Imagem cortesia de Friedman Benda e Joris Laarman Lab. Foto por Steve Benisty
Martim-pescador Foto por Andreas Trepte
Trem-bala série N700 da Shinkansen Por Scfema, via Wikimedia Commons
Girl (Simone Leigh + Chitra Ganesh): Meus sonhos, minhas obras terão de esperar até depois do inferno, 2012. Vídeo em HD de canal único, 07:14 min RT, Edição de 5 Cortesia das artistas
Retrato da família Sewell Cortesia de Jason Sewell
Fotografia HDR do Goldstream Provincial Park Foto por Brandon Godfrey
Pirâmide do Louvre (Nenhuma atribuição é necessária)
Frida Kahlo: La Venadita Anteriormente parte da coleção da dr. Carolyn Farb, hc
Craig Walsh: Spacemakers Cortesia do artista. Spacemakers 2013. Para a Luminous Night, da University of Western Australia, Perth. Técnica – Projeção digital de três canais, árvores; repetição de 30 minutos. Comissão – University of Western Australia. Sujeitos – Lady Jean Brodie-Hall (ex-paisagista, University of Western Australia), Rose Chaney (ex-presidente, Friends of the Grounds), Brian Cole (horticulturista), Jamie Coopes (supervisor de horticultura), Judith Edwards (presidente, Friends of the Grounds), Gus Fergusson (arquiteto), Bill James (ex-paisagista), David Jamieson (curador de terrenos), Gillian Lilleyman (autora, Landscape for

Learning), dr. Linley Mitchell (grupo de propagação, Friends of the Grounds), Frank Roberts (ex-consultor de arquitetura), Susan Smith (horticulturista), Geoff Warne (arquiteto) e dr. Helen Whitbread (paisagista)
Blur Building, de Elizabeth Diller e Ricardo Scofidio Foto por Norbert Aepli, Suíça
Futevôlei Foto por Thomas Noack
Jasper Johns: 0-9, 1961. Óleo sobre tela, 137,2 x 104,8 cm. Tate Gallery Crédito da foto: Tate, Londres / Art Resource, NY. Arte © Jasper Johns/Licenciada por VAGA, Nova York, NY
Michelangelo: Isaías Por Missional Volunteer (Isaías postado por Gary Dee) [CC BY-SA 2.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0)], via Wikimedia Commons
Norman Rockwell: Rosie the Riveter Impressa com permissão da Norman Rockwell Family Agency. © 1942 Norman Rockwell Family Entities

Capítulo 6
Jardim do Palácio de Versalhes (Nenhuma atribuição é necessária)
Jardins Hillier, de Capability Brown Foto por Tom Pennington
Tapete persa © Ksenia Palimski | Dreamstime.com
Teto de Alhambra Foto por Jebulon
Francis Boucher: O triunfo de Vênus (Nenhuma atribuição é necessária)
Ryoan-ji (final do século XV) em Kyoto, Japão Por Cquest (Obra própria), [CC BY-SA 2.5, (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2085504)]
Amostra dos estímulos usados nos testes de complexidade visual de Gerda Smets
Wassily Kandinsky, "Composition VII" (1913) (Nenhuma atribuição é necessária)
Kazimir Malevich, "White on White" (1918) (Nenhuma atribuição é necessária)
Ilusão Müller-Lyer

Capítulo 7
Jonathan Safran Foer: Tree of Codes Cortesia de Visual Editions

Marcantonio Raimondi: O julgamento de Páris (segundo Raphael)
Manet: Le Déjeuner sur l'herbe
Pablo Picasso: Le Déjeuner sur l'herbe, après Manet (1960) Musée Picasso, Paris, France Peter Willi/Bridgeman Images. © 2016 Espólio de Pablo Picasso/Artists Rights Society (ARS), Nova York
Robert Colescott: Les Demoiselles d'Alabama dénudées (1985) © Robert Colescott. Foto por Peter Horree/ Alamy Stock Photo
Philip Guston: Para B.W.T., 1952. Óleo sobre tela. 48 1/2 x 51 1/2 pol. Coleção de Jane Lang Davis. © Espólio de Philip Guston
Philip Guston: Pintura, 1954. Óleo sobre tela. 63 1/4 x 60 1/8 pol. Museu de Arte Moderna, Nova York. Philip Johnson Fund. © Espólio de Philip Guston
Philip Guston: Riding Around, 1969. Óleo sobre tela. 54 x 79 pol. Coleção particular, Nova York © Espólio de Philip Guston
Philip Guston: Flatlands, 1970. Óleo sobre tela. 70 x 114 1/2 pol. Coleção de Byron R. Meyer; Presente fracionário ao San Francisco Museum of Modern Art © Espólio de Philip Guston
O Stradivarius "Lady Blunt" de 1721 Tarisio Auctions. Violachick68 na Wikipedia em inglês
Violino de fibra de carbono Cortesia de Luis and Clark Instruments. Foto por Kevin Sprague

Capítulo 8
Velázquez: Las Meninas Museo Nacional del Prado, Espanha
Pablo Picasso: cinco variações sobre Las Meninas, 1957, óleo sobre tela Museo Picasso, Barcelona, Espanha/Bridgeman Images. © 2016 Espólio de Pablo Picasso/Artists Rights Society (ARS), Nova York
Esboços de Max Kulich para o Audi CitySmoother Cortesia de Max Kulich
Esboços do Architectural Research Office para o Flea Theater em Nova York Cortesia de Architectural Research Office
Advent, Thunderbird, Starchaser, Ascender e Proteus Cortesia do Ansari X-Prize
SpaceShipOne, da Scaled Composite Cortesia do Ansari X-Prize

Capítulo 9

Coletes de Einstein https://www.google.com/patents/USD101756
Sarah Burton: vestido de noiva de Kate Middleton Foto por Kirsty Wigglesworth – WPA Pool/Getty Images
Sarah Burton: três vestidos da coleção ready-to-wear outono/inverno 2011-12 da Alexander McQueen Foto por Francois Guillot, AFP, Getty Images
Norman Bel Geddes: Ônibus n. 2, Avião Rodoviário, Restaurante Aéreo e Casa Sem Paredes Cortesia do Harry Ransom Center, Universidade do Texas em Austin © Edith Lutyens and Norman Bel Geddes Foundation, Inc.
Estudo para as comportas do canal Naviglio por Leonardo da Vinci Biblioteca Ambrosiana, Milão, Itália. De Agostini Picture Library/Metis e Mida Informatica/Veneranda Biblioteca Ambrosiana/Bridgeman Images
El Tumbun de San Marc (Il Tombone di San Marco). Canal em Milão com comportas seguindo o design de Leonardo da Vinci Foto: Mauro Ranzani. Crédito da foto: Scala/Art Resource New York
Paraquedas, desenho por Leonardo da Vinci © Tallandier/Bridgeman Images.
Salto de paraquedas de Adrian Nicholas Foto por Heathcliff O'Malley

Capítulo 10
Richard Serra: Tilted Arc Foto por Jennifer Mei

Capítulo 11
Raymond Loewy: desenho do Greyhound SceniCruiser Cortesia do espólio de Raymond Loewy
Greyhound SceniCruiser Underwood Archives
Bule de chá Hot Bertaa Cortesia de Alessi S.P.A., Crusinallo, Itália
Toyota FCV plus (Nenhuma atribuição é necessária)
Mercedes F 015 (Nenhuma atribuição é necessária)
Toyota i-Road Foto por Clement Bucco-Lechat
Peugeot Moovie Foto por Brian Clontarf
Carro Mercedes Biome Cortesia de Mercedes-Benz
Alta-costura de Viktor & Rolf, coleções outono/inverno 2016 e primavera/verão 2015 Cortesia de Peter Stigter

Alta-costura de Pierre Cardin, desfile "Pierre Cardin na semana de moda de Moscou com amor pela Rússia". Outono/inverno 2016/2017 © Strajin | Dreamstime.com – O desfile Pierre Cardin na semana de moda de Moscou com amor pela Rússia outono-inverno 2016/2017 foto
"Heterofobia", alta-costura de Antii Asplund, no desfile Charity Water no Salon do Lincoln Center, 2015 © Antonoparin | Dreamstime.com – Uma modelo desfila na passarela durante o desfile Charity Water
Televisor Predicta (Nenhuma atribuição é necessária)
Holoroom, de Lowe Cortesia de Lowe's Innovation Labs
David trajando o NeoSensory Vest Foto por Bret Hartman
Protótipos do laser dermatológico Cortesia de Continuum Innovation
Escritório, 1937 (Nenhuma atribuição é necessária)
Fazenda de cúbiculos Ian Collins
Um escritório em Londres Phil Whitehouse
Propaganda da RCA "Radio & Television" (revista) vol. X, n. 2, jun. 1939. (interior da capa) Nova York: Popular Book Corporation "The Cooper Collections" (coleção particular do usuário) Digitalizado por Centpacrr

Capítulo 12
Desenhos de maçãs dos estudantes Cortesia de Lindsay Esola
Jasper Johns: Bandeira (1967, impressa em 1970). Litografia colorida, prova de teste 2/2. 24 1/4 x 29 5/8 pol. (61,6 x 75,2 cm) The Museum of Fine Arts, Houston. Aquisição do museu financiada por The Brown Foundation, Inc., e Isabel B. Wilson, 99.178. Arte © Jasper Johns/Licenciada por VAGA, Nova York, NY
Jasper Johns: Bandeira (1972/1994). Tinta (1994) sobre litografia (1972). 16 5/8 x 22 5/16 pol. (42,2 x 56,7 cm) The Museum of Fine Arts, Houston, Aquisição do museu financiada por Caroline Wiess Law, 2001.791. Arte © Jasper Johns/Licenciada por VAGA, Nova York, NY
Jasper Johns: Três bandeiras (1958). Encáustica sobre tela. 78,4 x 115,6 x 12,7 cm Whitney Museum of American Art, Nova York, EUA/Bridgeman Images. Arte © Jasper Johns/Licenciada por VAGA, Nova York, NY

Jasper Johns: Bandeira branca (1960). Óleo e colagem de jornal sobre litografia. 56,5 x 75,5 cm Coleção particular. Foto © Christie's Images/Bridgeman Images. Arte © Jasper Johns/Licenciada por VAGA, Nova York, NY

Jasper Johns: Bandeira (Moratória) (1969). Litografia colorida. 52 x 72,4 cm Coleção particular. Foto © Christie's Images/Bridgeman Images. Arte © Jasper Johns/Licenciada por VAGA, Nova York, NY

Picasso: Placas de touros – 1º, 3º, 4º, 7º, 9º e 11º estágios (1945-46). Gravuras. 32,6 x 44,5 cm Fotos: R.G. Ojeda. Musée Picasso. © RMN-Grand Palais/Art Resource, NY © 2016 Espólio de Pablo Picasso / Artists Rights Society (ARS), Nova York

Lichtenstein: Touros I – VI (1973). Clichê a traço sobre papel Arjomari. 27 x 35 pol. (68,6 x 88,9 cm) Cortesia do espólio de Roy Lichtenstein

Alunos da Escola Autônoma REALM trabalhando na Biblioteca-X Cortesia de Emily Pilloton, Project H

Capítulo 13

Giacomo Jaquerio: A fonte da vida, detalhe de um leão (1418-30), afresco Castello della Manta, Saluzzo, Itália © Bridgeman Images

Gravura do século XVI de Alexandre, o Grande assistindo a uma luta entre um leão, um elefante e um cão Metropolitan Museum of Art, Harris Brisbane Dick Fund, 1945

Vittore Carpacci: O leão de são Marcos, Palazzo Ducale, Veneza (Nenhuma atribuição é necessária)

Albrecht Dürer: Leão (Nenhuma atribuição é necessária)

NOTAS

Introdução

1 Gene Kranz, 2000.
2 Jim Lovell e Jeffrey Kluger, 1995.
3 John Richardson e Marilyn McCully, 1991.
4 William Rubin et al., 1994.
5 A.L. Chanin, 18 ago. 1957.
6 John Richardson e Marilyn McCully, 1991.
7 Robert P. Jones et al., 2016.

Capítulo 1: Inovar é humano

1 Eric Protter (org.), 2011, p. 219.
2 M. Recasens, S. Leung, S. Grimm, R. Nowak e C. Escera, 2015.
3 A estrutura do humor é tão bem compreendida que é possível tornar computadores engraçados. Acredite ou não, existe todo um campo de humor de computador.
4 D.M. Eagleman, C. Person e P.R. Montague, 1998.
5 Ian Parker, 23 fev. 2015.
6 Randy L. Buckner e Fenna M. Krienen, 2013.
7 D.M. Eagleman, 2012.
8 D.M. Eagleman, 2012.
9 D.M. Eagleman, 2017.
10 Artin Göncü e Suzanne Gaskins, 2007.
11 Gilles Fauconnier e Mark Turner, 2002.
12 Jonathan Gottschall, 2012.
13 Joyce Carol Oates, 1973.
14 Wouter van der Veen e Axel Ruger, 2010, p. 259.
15 Edward O. Wilson, 2015.

Capítulo 2: O cérebro modifica o que conhece

1 “The Buxton Collection”, Microsoft Corporation.

2 Alexis C. Madrigal, 11 maio 2011.
3 Steve Cichon, 16 jan. 2014.
4 Embora a detecção por radar ainda seja usada, foi superada por aplicativos como o Waze, que usa a contribuição de milhões de condutores para informar limites de velocidade. E seu smartphone, apesar de não ter uma caixa de som de quarenta centímetros, transmite a sua interminável coleção de músicas para qualquer sistema de som que você quiser.
5 Jon Gertner, 2012.
6 Andrew Hargadon, 2003.
7 John Livingston Lowes, 1927.
8 John Livingston Lowes, 1927.
9 Michel de Montaigne, 1958.
10 Steven Johnson, 2011.
11 Michael D. Lemonick, 2017.
12 Ray Kurzweil, 2007. Uma primeira versão bruta do genoma humano foi anunciada em 2000, e uma versão atualizada foi publicada em 2003. Escolhemos o ano 2000 como o dessa realização, embora observando que o "término" do projeto levou mais uma década e que análises continuam sendo feitas.
13 A tese segundo a qual toda criatividade é cognitivamente unificada foi proposta por Arthur Koestler e depois desenvolvida pelos cientistas cognitivos Mark Turner e Gilles Fauconnier. Em seu livro seminal de 2002, *The Way We Think*, Turner e Fauconnier dizem que a criatividade humana se radica na capacidade para aquilo que eles chamam de *integração conceitual* ou *mesclagem de escopo duplo*, de onde deriva o termo *mesclagem* usado por nós. Numa tendência similar, Douglas Hofstadter afirma que nossa faculdade de produzir metáforas é a pedra angular do pensamento humano.
14 Os cientistas estão trabalhando com afinco para visualizar a base do pensamento imaginativo. Graças ao progresso dos exames de neuroimagem, nosso entendimento da função cerebral avançou a passos largos. Monitorando o fluxo de sangue oxigenado é possível afirmar quais regiões são mobilizadas para determinadas tarefas e quais regiões estão conversando na barulhenta sala de bate-papo dos neurônios. Mas há limitações: a neuroimagem ainda é uma tecnologia recente e de baixa resolução, e quando se trata de descobrir o que os neurônios estão

dizendo uns para os outros ainda estamos no campo da suposição. Pelo menos por enquanto, as imagens do cérebro nos proporcionam apenas um quadro nebuloso.

15 Sami Yenigun, 10 jan. 2013.

16 Robert J. Weber e David N. Perkins, 1992.

17 Roberta Smith, 21 jun. 2012.

Capítulo 3: Entortar

1 Victor K. McElheny, 1998, p. 35.

2 Michele Hilmes, 1990, p. 125-6.

3 William Sangster, 1871.

4 Susan Orlean, 11 fev. 2008.

5 Enid Nemy, 21 mar. 2005.

6 Arthur Conan Doyle, 2015.

7 Como observa o linguista Noam Chomsky, o objetivo da gramática é permitir que um conjunto limitado de palavras seja rearranjado infinitamente de modo inteligível. "O fato central que qualquer teoria linguística séria deve abordar é: um falante maduro é capaz de produzir uma nova oração em sua língua na ocasião adequada e outros falantes são capazes de entendê-la imediatamente, embora seja igualmente nova para eles." Para a citação, ver Jane Singleton, 1974.

8 Christian Bachmann e Luc Basier, 1984.

9 Eugene Volokh, 14 maio 2015.

Capítulo 4: Quebrar

1 Este conceito foi proposto originalmente na Bell Labs em 1947, pelos inventores Douglas Ring e W. Rae Young. Ver Guy Klemens, 2010.

2 Copyright © 1950, 1978, 1991 pelos trustees do e.e. cummings Trust, em *e.e. cummings Complete Poems: 1904-1962*, org. George J. Firmage. Com licença da Liveright Publishing Corporation.

3 M. Mitchel Waldrop, 2001.

4 Reinhard Schrieber e Herbert Gareis, 2007.

5 Mark Forsyth, 2012.

6 Colin Fraser, 1972.

7 Alec Foege, 2013.

8 Stephen Witt, 2015, p. 118.

9 Helen Shen, 2013.
10 Sarnoff A. Mednick, 1962.

Capítulo 5: Mesclar

1 A. Lazaris et al., 2002.
2 Hadley Leggett, 23 set. 2009.
3 Adam Rutherford, 14 jan. 2012.
4 Mark Miodownik, 2015. Quando latente, a bactéria *B. pasteurii* pode sobreviver durante décadas mesmo em condições extremas, como na cratera de um vulcão; quando em atividade, ela secreta calcita, um dos principais componentes do concreto.
5 A hibridização entre seres humanos e computadores está mudando rapidamente, à medida que as empresas passam a usar máquinas de reconhecimento sobre-humano (como algoritmos de aprendizagem profunda). Mas note-se que essas novas abordagens são totalmente orientadas por imagens previamente marcadas por seres humanos.
6 Julian Franklyn, 1991.
7 Reimpresso por acordo com os herdeiros de Martin Luther King Jr., aos cuidados de The Writers House como agente do proprietário Nova York © 1963 Dr. Martin Luther King Jr. © renovado 1991 Coretta Scott King.
8 Carmel O'Shannessy, 2013.
9 Ver www.whosampled.com/Dr.-Dre/Let-Me-Ride/.
10 Ellen Otzen, "Six Seconds That Shaped 1,500 Songs", *BBC World Service Magazine*, 29 mar. 2015. Disponível em: www.bbc.com/news/magazine-32087287. Acesso em: 21 nov. 2019.
11 Miljana Radivojević et al., 2013.
12 Mark Turner, 2014, p. 13.

Capítulo 6: A vida na colmeia

1 "Noh and Kutiyattam – Treasures of World Cultural Heritage", 26 dez. 2004.
2 Yves-Marie Allain e Janine Christiany, 2006.
3 Richard Rhodes, 1986.
4 Em sua resenha do livro *Einstein's Jewish Science*, de Steven Gimbel, para o jornal *The New York Times*, George Johnson diz: "Essa não era uma opinião marginal. Philipp Lenard, que ganhou um Prêmio Nobel

por seu trabalho sobre raios catódicos, escreveu um tratado em quatro volumes sobre a verdadeira ciência e intitulou-o *Física alemã*. No prefácio, menciona a 'física japonesa', a 'física árabe' e a 'física negra', mas reservou seu ódio para a física dos judeus. 'Os judeus querem criar contradições em toda parte e interromper relações, de modo que os pobres alemães ingênuos não vejam mais sentido em coisa alguma.' As teorias de Einstein, diz ele, 'nunca sequer pretenderam ser verdadeiras'. Lenard simplesmente não as entendia." De George Johnson, 3 ago. 2012.

5 M. Riordan, 2005.

6 Nahum Tate, 1712.

7 Agradecemos ao historiador Cyrus Mody por essas ideias.

8 Steven Shapin, Simon Schaffer e Thomas Hobbes, 1985.

9 Ernest Hemingway, 2015.

10 James Fenimore Cooper, 1985.

11 Maynard Solomon, 1987.

12 Lucy Miller, 2015.

13 Charles Rosen, 1997.

14 Arika Okrent, 2009.

15 George Alan Connor et al., 1966.

16 George Alan Connor et al., 1966, p. 20.

17 Gerta Smets, 1973.

18 Joseph Henrich, Steven J. Heine e Ara Norenzayan, 2010.

19 Marshall H. Segal, Donald T. Campbell e Melville J. Herskovits, 1966.

20 Donald A. Vaughn e David M. Eagleman, 2013.

21 Avantika Mathur et al., 2015.

22 Zohar Eitan e Renee Timmers, 2010.

23 Laurel J. Trainor e Becky M. Heinmiller, 1998.

24 Judy Plantinga e Sandra E. Trehub, 2014.

25 Como disse o romancista Milan Kundera: "De que valor estético objetivo podemos falar se cada nação, cada período histórico, cada grupo social tem seus próprios gostos?" Em Milan Kundera, 2006.

26 Stephen Greenblatt, 2012.

Capítulo 7: Não cole as peças

1 Albert Boime, 1969.

2 Martin Schwarzbach, 1986.
3 Naomi Oreskes, 1999.
4 Roger M. McCoy, 2006.
5 Chester R. Longwell, 1944.
6 J. Tuko Wilson, 1968.
7 Robert Hughes, 3 ago. 1981.
8 Robert Christgau, 1998.
9 E.O. Wilson, 2013.
10 Richard Dawkins, maio 2012.

Capítulo 8: Multiplique as opções

1 Gary R. Kremer, 2011, p. 104.
2 Ernest Hemingway, Patrick Hemingway e Seán A. Hemingway, 2012.
3 Alex Osborn, 1996.
4 Matthew Schneier, 5 nov. 2015.
5 Esta técnica chama-se síntese paralela. Foi criada por John Ellman e Michael Pavia, e se baseia no trabalho dos pioneiros da química combinatória.
6 Thomas A. Edison, 1878.
7 Dava Sobel, 2008.
8 Dava Sobel, 2008.
9 Infelizmente, Harrison nunca recebeu o que lhe era devido. Para provar que o elaborado modelo de Harrison podia ser manufaturado por outras pessoas, o Conselho da Longitude encarregou outro relojoeiro, chamado Larcum Kendall, de executar uma cópia. Kendall levou dois anos e meio para terminar. Seu modelo, chamado K-1, era idêntico ao de Harrison, a não ser por uma tampa posterior mais enfeitada. O Conselho da Longitude escolheu o K-1, em vez do H-4, para acompanhar o comandante Cook em sua viagem pelo Pacífico. Na cabeça deles, isso desqualificava Harrison para o Prêmio da Longitude. Pobre e doente, Harrison levou seu caso ao Parlamento. Acabou recebendo o dinheiro do prêmio, mas não o próprio prêmio.
10 Jeff Brady, 13 nov. 2014.
11 Por causa de nossa tolerância ao erro, a metáfora do cérebro como um computador digital comum é profundamente equivocada. Numa rede neural artificial, se você introduzir um paradigma de zeros e uns terá

como retorno sempre a mesma resposta. É essa certeza o que faz do computador uma ferramenta tão valiosa. Pode ser que nossa memória imperfeita seja o fundamento da criatividade: introduzimos um mesmo paradigma de zeros e uns, mas a cada vez temos uma resposta um pouco diferente.

12 E.O. Wilson, 2002.

Capítulo 9: Explore diferentes distâncias

1 Neil Baldwin, 1995.
2 Norman Bel Geddes, 1960, p. 347; Donald Albrecht (org.), 2012, p. 220.
3 Chad Randl, 2008, p. 91.
4 Norman Bel Geddes, 1952.
5 Joseph J. Ermenc, 1961; Robert Payne, 1959.
6 Lynn White, 1968.
7 Damian Carrington, 27 jun. 2000.
8 Robert S. Kahn, 2010.

Capítulo 10: Tolere risco

1 Frederick Dalzell, 2010.
2 Paul Israel, 1998.
3 Thomas Edison, em Andrew Delaplaine, 2015, p. 3.
4 James Dyson, 8 abr. 2011.
5 Marcia B. Hall, 2005.
6 Marcia B. Hall, 2005.
7 Richard Steinitz, 2003.
8 T.J. Pinch e Karin Bijsterveld, 2012.
9 NOVA, 1 nov. 2000.
10 Simon Singh, 2014.
11 Michael J. Gelb, 2000.
12 Dean Keith Simonton, 1997.
13 Yasuyuki Kowatari et al., 2009.
14 Suzan-Lori Parks, 2006.

Capítulo 11: A empresa criativa

1 “Burbank Time Capsule Revisited”, 17 mar. 2009.

2 John H. Lienhard, 2003.

3 Ver https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_defunct_automobile_manufacturers_of_the_United_States.

4 Peter L. Jakab e Rick Young (orgs.), 2000.

5 O aviador Robert Esnault-Pelterie reconheceu o potencial do projeto de Boulton. Ao saber do sucesso dos irmãos Wright, ele construiu um planador similar, mas dessa vez com *ailerons*.

6 De e-mails trocados com David Hagerman, curador do espólio de Raymond Loewy e COO da Loewy Design.

7 Jillian Eugenios, 12 jun. 2014.

8 John Markoff, 31 jan. 2016.

9 Gail Davidson, 16 ago. 2015.

10 Ian Wylie, 30 set. 2001.

11 Malcolm Gladwell, 16 maio 2011.

12 B. Bilger, 25 abr. 2011.

13 Tom Kelley, 2001.

14 Jeffrey Rothfeder, 2014.

15 Alyssa Newcomb, 17 mar. 2015.

16 Nikil Saval, 2015.

17 Patrick May, "Apple's new headquarters: An exclusive sneak peek", *The San Jose Mercury News*, 11 out. 2013. Disponível em: www.mercurynews.com/2013/10/11/2013-apples-new-headquarters-an-exclusive-sneak-peek/. Acesso em: 21 nov. 2019.

18 Pap Ndiaye, 2007.

19 "'Forget the Free Food and Drinks – the Workplace is Awful:' Facebook Employees Reveal the 'Best Place to Work in Tech' Can be a Soul-Destroying Grind Like Any Other", 3 set. 2013.

20 Maria Konnikova, 7 jan. 2014.

21 Anne-Laure Fayard e John Weeks, jul. 2011.

22 Jonah Lehrer, 30 jan. 2012.

23 Stewart Brand, 1994.

24 Alex Osborn, 1948, p. 254.

25 Jeff Gordiner, 4 jan. 2016.

26 Pete Wells, 17 mar. 2015.

27 David Fisher, 1996.

28 Tony Smith, 9 nov. 2007.
29 Jason Nazar, 8 out. 2013.
30 Tim Adams, 28 jun. 2015.
31 Matthew E. May, 2007.
32 Susan Malanowski, set. 2007.
33 "How Companies Incentivize Innovation", maio 2013.
34 Eric Schmidt e Jonathan Rosenberg, 2015.
35 Tom Kelley, 2001.

Capítulo 12: A escola criativa

1 Juan A. Botía e Dimitris Charitos (orgs.), 2013.
2 Shumei Zhang e Victor Callaghan, 2014.
3 Amy Russell e Stephen Rice, mar. 2001.
4 James Gleick, 1992.
5 Kamal Shah et al., 2015.
6 Carol Dweck, 2017.
7 A escola é a Renaissance Expeditionary Learning Outward Bound School. A aluna de sexto ano Trissana Krupa é a autora de "Still I Smile" [Ainda assim sorrio].
8 Ver Runco et al., 2010. Ver também E. Paul Torrance, 1971. Resumindo os resultados, Torrance escreveu: "Uma análise de vinte estudos indica que em 86% das comparações não havia diferenças ou havia diferenças em favor do grupo culturalmente diferente." Em Torrance, 1977. Estudos longitudinais mostraram que o Teste Torrance detecta a criatividade melhor do que os testes de QI e os SATs, os exames de admissão à universidade estadunidense.
9 Robert Gjerdingen, 2010.
10 Benjamin S. Bloom e Lauren A. Sosniak, 1985.
11 Mikael Carlssohn, 2005; Ricky O'Bannon, 2016.
12 Maria Popova, 6 ago. 2014.
13 James S. Catterall, Susan A. Dumais e Gillian Harden-Thompson, 2012.
14 John Maeda, 2013.
15 Steve Lohr, 14 nov. 2015.
16 Marlene Cimons, 2 jun. 2010.
17 Robin Murphy et al., 2011.
18 Morton Feldman, 2000.

19 H.L. Gold, maio 1954.
20 Mimi Hall, 31 maio 2007.
21 Emily Dickinson, 2000.
22 Katrina Schwartz, "How Integrating Arts in Other Subjects Makes Learning Come Alive", *KQED News*, 13 jan. 2015. Disponível em: www.kqed.org/mindshift/38576/how-integrating-arts-into-other-subjects-makes-learning-come-alive. Acesso em: 21 nov. 2019; Keith McGilvery, "Burlington principal wins national award", *WCAX*, 31 mar. 2016. Disponível em: www.wcax.com.
23 Stephen Nachmanovitch, 1993.

Capítulo 13: Daqui para o futuro
1 Anthony Brandt, 3 nov. 2012.
2 Yun Sun Cho et al., 2013.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, Tim. "And the Pulitzer goes to... a computer". *The Guardian*, 28 jun. 2015. Disponível em: www.theguardian.com/technology/2015/jun/28/computer-writing-journalism-artificial-intelligence. Acesso em: 7 nov. 2019.

ALBRECHT, Donald (org.). *Norman Bel Geddes Designs America*. Nova York: Abrams, 2012.

ALLAIN, Yves-Marie e CHRISTIANY, Janine. *L'Art des Jardins en Europe*. Paris: Citadelles et Mazenod, 2006.

ALLEN, Michael. *Charles Dickens and the Blacking Factory*. St Leonards: Oxford-Stockley, 2011.

AMABILE, Teresa. *Creativity in Context: Update to the Social Psychology of Creativity*. Boulder: Westview Press, 1996.

AMABILE, Teresa. *Growing up Creative: Nurturing a Lifetime of Creativity*. Nova York: Crown, 1989.

ANDERSON, Christopher. *Hollywood TV: The Studio System in the Fifties*. Austin: University of Texas Press, 1994.

ANDREASEN, Nancy C. "A Journey into Chaos: Creativity and the Unconscious". *Mens Sana Monographs*, v. 9, n. 1, p. 42-53, 2011.

ANDREASEN, Nancy C. "Secrets of the Creative Brain". *Atlantic*, 25 jun. 2014.

ANTONIADES, Andri. "The Landfill Harmonic: These Kids Play Classical Music with Instruments Made From Trash". *Take Part*, 6 nov. 2013.

ATALAY, Bulent e WAMSLEY, Keith. *Leonardo's Universe: The Renaissance World of Leonardo Da Vinci*. Washington: National Geographic, 2008.

BACHMANN, Christian e BASIER, Luc. "Le Verlan: Argot D'ecole Ou Langue des Keums?". *Mots*, n. 8, p. 169-187, 1984. Disponível em:

www.persee.fr/doc/mots_0243-6450_1984_num_8_1_1145. Acesso em: 7 nov. 2019.

BACKER, Bill. *The Care and Feeding of Ideas*. Nova York: Crown, 1993.

BAKER, Al. "Test Prep Endures in New York Schools, Despite Calls to Ease It". *The New York Times*, 30 abr. 2014.

BALDWIN, Neil. *Edison: Inventing the Century*. Nova York: Hyperion, 1995.

"BANKRUPT Battery-Swapping Startup for Electric Cars Purchased by Israeli Company". *San Jose Mercury News*, 21 nov. 2013. Disponível em: www.mercurynews.com/business/ci_24572865/bankrupt-battery-swapping-startup-electric-cars-purchased-by. Acesso em: 7 nov. 2019.

BASSETT, Troy J. "The Production of Three-Volume Novels in Britain, 1863-97," *Bibliographical Society of America*, v. 102, n. 1, p. 61-75, 2008.

BAUCHERON, Elea e ROUTEX, Diane. *The Museum of Scandals: Art That Shocked the World*. Munique: Prestel Verlag, 2013.

BAUM, Dan. "No Pulse: How Doctors Reinvented the Human Heart." *Popular Science*, 29 fev. 2012. Disponível em: www.popsci.com/science/article/2012-02/no-pulse-how-doctors-reinvented-human-heart. Acesso em: 7 nov. 2019.

BEL GEDDES, Norman. *Miracle in the Evening: An Autobiography*. Kelley, William (org.). Garden City: Doubleday, 1960.

BEL GEDDES, Norman. "Today in 1963". University of Texas Harry Ransom Center. Norman Bel Geddes Database, 1952.

BELLOS, David. *Jacques Tati: His Life and Art*. Londres: Harvill, 1999.

BENSEN, P.L. e LEFFERT, N. "Childhood: Anthropological Aspects". In: SMELSER, Neil e BALTES, Paul. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Nova York: Elsevier, p. 1697-1701, 2001.

BERGER, Audrey A. e COOPER, Shelly. "Musical Play: A Case Study of Preschool Children and Parents". *Journal of Research in Music Education*, v. 51, n. 2, 2003.

BHANOO, Sindya N. "Brains of Bee Scouts Are Wired for Adventure". *The New York Times*, 9 mar. 2012.

BILGER, B. "The Possibilian: What a brush with death taught David Eagleman about the mysteries of time and the brain". *The New Yorker*, 25

abr. 2011.

BLOOM, Benjamin S. e SOSNIAK, Lauren A. *Developing Talent in Young People*. Nova York: Ballantine Books, 1985.

BOIME, Albert. "The Salon des Refuses and the Evolution of Modern Art". *Art Quarterly*, v. 32, 1969.

BOOTHBY, Clare. "Shrinky DinkR Microfluidics". *Royal Society of Chemistry: Highlights in Chemical Technology*. 5 dez. 2007.

BORGES, Jorge Luis. "Pierre Menard, Author of the Quixote". In: MONEGAL, Emir Rodriguez e REID, Alistair (orgs.). *Borges: A Reader: A Selection from the Writings of Jorge Luis Borges*. Nova York: Dutton, 1981.

BOSMAN, Julie. "Professor Says He Has Solved Mystery Over a Slave's Novel". *The New York Times*, 18 set. 2013.

BOTÍA, Juan A. e CHARITOS, Dimitris (orgs.). *Workshop Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Environments*. Amsterdã: IOS Press Ebooks, 2013. Disponível em: http://ebooks.iospress.nl/volume/workshop-proceedings-of-the-9th-international-conference-on-intelligent-environments. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRADLEY, David. "Patently Useless". *Materials Today*, 29 nov. 2013. Disponível em: www.materialstoday.com/materials-chemistry/comment/patently-useless/. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRADSHER, Keith. "Conditions of Chinese Artist Ai Weiwei's Detention Emerge". *The New York Times*, 12 ago. 2011. Disponível em: www.nytimes.com/2011/08/13/world/asia/13artist.html?_r=2&smid=tw-nytimes&seid=auto. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRADY, Jeff. "After Solyndra Loss, U.S. Energy Loan Program Turning a Profit." *NPR*, 13 nov. 2014. Disponível em: www.npr.org/2014/11/13/363572151/after-solyndra-loss-u-s-energy-loan-program-turning-a-profit. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRAND, Stewart. *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*. Nova York: Penguin, 1994.

BRANDT, Anthony. "Anthony Brandt at TEDxHouston." *TEDx Houston*, 3 nov. 2012. Disponível em: www.youtube.com/watch?v=yHiRXvPKiFw. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRESSLER, Steven L. e MENON, Vinod. “Large-scale Brain Networks in Cognition: Emerging Methods and Principles”. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 14, n. 6, p. 277-290, 2010.

BRONSON, Po e MERRYMAN, Ashley. “The Creativity Crisis”. *Newsweek*, 10 jul. 2010. Disponível em: www.newsweek.com/creativity-crisis-74665. Acesso em: 7 nov. 2019.

BROOKSHIRE, Bethany. “Attitude, Not Aptitude, May Contribute to the Gender Gap”. *Science News*, 15 jan. 2015. Disponível em: www.sciencenews.org/blog/scicurious/attitude-not-aptitude-may-contribute-gender-gap. Acesso em: 7 nov. 2019.

BUCKNER, Randy L. e KRIENEN, Fenna M. “The Evolution of Distributed Association Networks in the Human Brain”. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 17, n. 12, 2013. Disponível em: www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613(13)00221-0?_. Acesso em: 7 nov. 2019.

“BURBANK Time Capsule Revisited”. *Los Angeles Times*, 17 mar. 2009. Disponível em: http://latimesblogs.latimes.com/thedailymirror/2009/03/burbank-time-ca.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

BURLEIGH, H.T. *The Spirituals: High Voice*. Melville, NY: Belwin-Mills, 1984.

BYRNES, W. Malcolm e ECKBERG, William R. “Ernest Everet Just (1883-1941) – An Early Ecological Developmental Biologist”. *Developmental Biology*, n. 296, p. 1-11, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2006.04.445. Acesso em: 7 nov. 2019.

CAGE, John. *Silence: Lectures and Writings*. Middletown, CT: Wesleyan University Press, 1961.

“CAPITALIZING on Complexity: Insights from the Global Chief Executive Officer Study,” *IBM Institute for Business Value*, maio 2010. Disponível em: www.ibm.com/downloads/cas/1VZV5X8J. Acesso em: 17 maio 2016.

CARLSSOHN, Mikael. “Women in Film Music, or How Hollywood Learned to Hire Female Composers for (at Least) Some of Their Movies”. *IAWM Journal*, v. 11, n. 2, p. 16-19, 2005.

CARRINGTON, Damian. “Da Vinci’s Parachute Flies”. *BBC News*, 27 jun. 2000. Disponível em:

http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/808246.stm. Acesso em: 7 nov. 2019.

CARVER, George Washington e KREMER, Gary R. *George Washington Carver in His Own Words*. Columbia: University of Missouri Press, 1987.

CATTERALL, James S.; DUMAIS, Susan A. e HARDEN-THOMPSON, Gillian. *The Arts and Achievement in At-Risk Youth: Findings from Four Longitudinal Studies*. Washington: National Endowment for the Arts, 2012.

CHANIN, A.L., "Les Demoiselles de Picasso". *The New York Times*, 8 ago. 1957.

CHI, Tom. "Rapid Prototyping Google Glass". *TED-Ed*, 17 nov. 2012. Disponível em: http://ed.ted.com/lessons/rapid-prototyping-google-glass-tom-chi#watch. Acesso em: 7 nov. 2019.

CHIN, Andrea. "Ai Weiwei Straightens 150 Tons of Steel Rebar from Sichuan Quake". *Designboom*, 4 jun. 2013. Disponível em: www.designboom.com/art/ai-weiwei-straightens-150-tons-of-steel-rebar-from-sichuan-quake/. Acesso em: 7 nov. 2019.

CHO, Yun Sun et al. "The Tiger Genome and Comparative Analysis with Lion and Snow Leopard Genomes". *Nature Communications*, v. 4, 2013. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3778509/. Acesso em: 7 nov. 2019.

CHRIS. "Words that Have Changed their Meanings Over Time". *Fluent Focus English Blog*, 25 set. 2014.

CHRISTENSEN, Clayton M. e VAN BEVER, Derek. "The Capitalist's Dilemma". *Harvard Business Review*, jun. 2014. Disponível em: https://hbr.org/2014/06/the-capitalists-dilemma. Acesso em: 7 nov. 2019.

CHRISTGAU, Robert. *Grown up All Wrong: 75 Great Rock and Pop Artists from Vaudeville to Techn.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1998.

CHUKOVSKAIA, Lydia; NORMAN, Peter; e AKHMATOVA, Anna Andreevna. *The Akhmatova Journals 1938-41*. Londres: Harvill, 1994.

CHURCH, George M. e REGIS, Edward. *Regenesis: How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*. Nova York: Basic Books, 2012.

CICHON, Steve. "Everything from This 1991 Radio Shack Ad You Can Now Do With Your Phone". *Huffington Post*, 16 jan 2014. Disponível em:

www.huffingtonpost.com/steve-cichon/radio-shack-ad_b_4612973.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

CIMONS, Marlene. "New in Rescue Robots: Survivor Buddy". *US News & World Report*, 2 jun. 2010. Disponível em: www.usnews.com/science/articles/2010/06/02/new-in-rescue-robots-survivor-buddy. Acesso em: 7 nov. 2019.

COHN, William E.; WINKLER, Jo Anna; PARNIS, Steven; COSTAS, Gil G.; BEATHARD, Sarah; CONGER, Jeff e FRAZIER, O.H. "Ninety-Day Survival of a Calf Implanted with a Continuous-Flow Total Artificial Heart". *ASAIO Journal*, v. 60, n. 1, p. 15-18, 2014.

COLE, David John; BROWNING, Eve e SCHROEDER, Fred E.H. *Encyclopedia of Modern Everyday Inventions*. Westport, CT: Greenwood Press, 2002.

COLE, Simon A. "Which Came First, the Fossil or the Fuel?". *Social Studies of Science*, v. 26, n. 4, p. 733-766, 1996.

CONNOR, George Alan; CONNOR, Doris Tappan; SOLZBACHER, William e REV. DR. J.B. SE-TSIEN KAO. *Esperanto, the World Interlanguage*. South Brunswick: T. Yoseloff, 1966.

CONNOR, James A. *The Last Judgment: Michelangelo and the Death of the Renaissance*. Nova York: Palgrave Macmillan, 2009.

COOK, Gareth. "The Singular Mind of Terry Tao". *The New York Times*, 25 jul. 2015. Disponível em: www.nytimes.com/2015/07/26/magazine/the-singular-mind-of-terry-tao.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

COOPER, James Fenimore. *The Pioneers*. Boone, IA: Library of America, 1985.

COOPER, Patricia M.; CAPO, Karen; MATHES, Bernie e GRAY, Lincoln. "One Authentic Early Literacy Practice and Three Standardized Tests: Can a Storytelling Curriculum Measure Up?". *Journal of Early Childhood Teacher Education*, v. 28, n. 3, p. 251-275, 2007. Disponível em: www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10901020701555564. Acesso em: 7 nov. 2019.

COUSINS, Mark. *História do cinema: Dos clássicos mudos ao cinema moderno*. Tradução: Cecília Camargo Bartalotti. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2013.

CRAMOND, Bonnie; MATTHEWS-MORGAN, Juanita; BANDALOS, Deborah e ZUO, Li. "A Report on the 40-Year Follow-Up of the Torrance Tests of Creative Thinking: Alive and Well in the New Millennium". *Gifted Child Quarterly*, v. 49, n. 4, p. 283-291, 2005.

CREATIVE PARTNERSHIPS. *Creativity, Culture and Education (2009) Changing Young Lives 2012*. Newcastle: CCE, 2012. Disponível em: www.creativitycultureeducation.org/wp-content/uploads/Changing-Young-Lives-2012. Acesso em: 7 nov. 2019.

CRISPINO, Enrica. *Leonardo: Arte e Scienza*. Florença: Giunti, 2000.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. Nova York: HarperCollins, 1996.

CUMMINGS, e.e. "dim". Tradução: Rodrigo Lobo Damasceno. *Revista dEsEnrEdoS*, ano IV, n. 13, Teresina, abr./maio/jun. 2012.

CURTIN, Joseph. "Innovation in Violinmaking". *Joseph Curtin Studios*, jul. 1998. Disponível em: http://josephcurtinstudios.com/article/innovation-in-violinmaking/. Acesso em: 7 nov. 2019.

CURTIS, Gregory. *The Cave Painters: Probing the Mysteries of the First Artists*. Nova York: Knopf, 2006.

DALE, R.C. "Two New Tatis." *Film Quarterly*, v. 26, n. 2, p. 30-33, 1972.

DALZELL, Frederick. *Engineering Invention: Frank J. Sprague and the U.S. Electrical Industry*. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

DAVIDSON, Gail. "The Future of Television". *Cooper Hewitt*, 16 ago. 2015. Disponível em: www.cooperhewitt.org/2015/08/16/the-future-of-television/. Acesso em: 7 nov. 2019.

DAWKINS, Richard. "The descent of Edward Wilson". *Prospect*, maio 2012. Disponível em: www.prospectmagazine.co.uk/magazine/edward-wilson-social-conquest-earth-evolutionary-errors-origin-species. Acesso em: 7 nov. 2019.

DELAPLAINE, Andrew. *Thomas Edison: His Essential Quotations*. Nova York: Gramercy Park, 2015.

DEW, Nicholas; SARASVATHY, Saras; e VENKATARAMAN, Sankaran. "The Economic Implications of Exaptation". *SSRN Electronic Journal*, 4 jan. 2003. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.348060. Acesso em: 7 nov. 2019.

DIAMOND, Adele. “The Evidence Base for Improving School Outcomes by Addressing the Whole Child and by Addressing Skills and Attitudes, Not Just Content”. *Early Education & Development*, v. 21, n. 5, p. 780-793, 2010. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3026344/. Acesso em: 7 nov. 2019.

DIAMOND, Adele. “Want to Optimize Executive Functions and Academic Outcomes? Simple, Just Nourish the Human Spirit”. *Minnesota Symposia on Child Psychology Developing Cognitive Control Processes: Mechanisms, Implications, and Interventions*, v. 37, p. 203-230, 2013.

DICK, Philip K. *O homem do castelo alto*. Tradução: Fábio Fernandes. São Paulo: Aleph, 2019.

DICKENS, Charles. *David Copperfield*. São Paulo: Penguin Companhia das Letras, 2018.

DICKENS, Charles e ROWLAND, Peter. *My Early Times*. Londres: Aurum Press, 1997.

DICKINSON, Emily. *The Complete Poems of Emily Dickinson*. Boston: Little, Brown, 1924. Nova York: Bartleby.com, 2000.

DIETRICH, Arne. *How Creativity Happens in the Brain*. Nova York: Palgrave Macmillan, 2015.

DOUGHERTY, Dale e CONRAD, Ariane. *Free to Make: How the Maker Movement is Changing Our Schools, Our Jobs, and Our Minds*. Berkeley: North Atlantic Books, 2016.

DOYLE, Arthur Conan. *Sherlock Holmes: Obra completa*. Tradução: Louisa Ibañez et al. 1. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2015.

DWECK, Carol S. *A nova psicologia do sucesso*. Tradução: Sérgio Duarte. Rio de Janeiro: Objetiva, 2017.

DYSON, James. “No Innovator’s Dilemma Here: In Praise of Failure”. *Wired,* 8 abr. 2011. Disponível em: www.wired.com/2011/04/in-praise-of-failure/. Acesso em: 7 nov. 2019.

EAGLEMAN, David. *Cérebro: uma biografia*. Tradução: Ryta Vinagre. 1. ed. Rio de Janeiro: Rocco, 2017.

EAGLEMAN, David. *Incógnito: as vidas secretas do cérebro*. Tradução: Ryta Vinagre. 1. ed. Rio de Janeiro: Rocco, 2012.

EAGLEMAN, David. “Visual Illusions and Neurobiology”. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 2, n. 12, p. 920-926, 2001.

EAGLEMAN, David; PERSON, Christophe e MONTAGUE, P. Read. “A Computational Role for Dopamine Delivery in Human Decision-Making”. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v. 10, n. 5, p. 623-630, 1998.

EBERT, Roger. “Psycho”. *RogerEbert.com*, 6 dez. 1998. Disponível em: www.rogerebert.com/reviews/psycho-1998. Acesso em: 7 nov. 2019.

EDISON, Thomas A. “The Phonograph and Its Future”. *Scientific American*, v. 5, n. 124, p. 527-536, 1878. Disponível em: www.jstor.org/stable/25110210.

EITAN, Zohar e TIMMERS, Renee. “Beethoven’s last piano sonata and those who follow crocodiles: Cross-domain mappings of pitch in a musical context”. *Cognition*, v. 114, p. 405-422, 2010.

EKSERDJIAN, David. *Bronze*. Londres: Royal Academy of Arts, 2012.

ELIOT, T.S. “Tradition and the Individual Talent”. In: *The Sacred Wood*: *Essays on Poetry and Criticism.* Nova York: Knopf, 1921.

ELIOT, T.S. *Selected Poems*. Londres: Faber & Faber, 2015.

ELLINGSEN, Eric. “Designing Buildings, Using Biology: Today’s Architects Turn to Biology More than Ever. Here’s Why”. *The Scientist Magazine*, 27 jul. 2007. Disponível em: www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/25290/title/Designing-buildings-using-biology/. Acesso em: 7 nov. 2019.

ERMENC, Joseph J. “The Great Languedoc Canal”. *French Review*, 34, n. 5, p. 456, 1961.

EUGENIOS, Jillian “Lowe’s Channels Science Fiction in New Holoroom”. *CNN*, 12 jun. 2014. Disponível em: http://money.cnn.com/2014/06/12/technology/innovation/lowes-holoroom/. Acesso em: 7 nov. 2019.

FAUCONNIER, Gilles e TURNER, Mark. *The Way We Think: Conceptual Blending and the Mind’s Hidden Complexities*. Nova York: Basic Books, 2002.

FAYARD, Anne-Laure e WEEKS, John. “Who Moved My Cube?”, *Harvard Business Review*, jul. 2011. Disponível em: https://hbr.org/2011/07/who-moved-my-cube. Acesso em: 7 nov. 2019.

FELDMAN, Morton. “The Anxiety of Art”. In: *Give My Regards to Eighth Street: Collected Writings of Morton Feldman*. Cambridge, MA: Exact Change, 2000.

FEYNMAN, Richard P. “New Textbooks for the ‘New’ Mathematics”. *Engineering and Science*, v. 28, n. 6, p. 9-15, 1965.

FISHER, David. *Tube: The Invention of Television*. Nova York: Harcourt Brace, 1996.

FLORIDA, Richard. “Bohemia and Economic Geography”. *Journal of Economic Geography*, v. 2, p. 55-71, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jeg/2.1.55. Acesso em: 11 nov. 2019.

FOEGE, Alec. *The Tinkerers: The Amateurs, DIYers, and Inventors Who Make America Great*. Nova York: Basic Books, 2013.

“‘FORGET the free food and drinks — the workplace is awful:’ Facebook employees reveal the ‘best place to work in tech’ can be a soul-destroying grind like any other”. *Daily Mail*, 3 set. 2013. Disponível em: www.dailymail.co.uk/news/article-2410298/Forget-free-food-drinks-workplace-awful-Facebook-employees-reveal-best-place-work-tech-grind-like-other.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

FORSTER, John. *The Life of Charles Dickens*. Londres e Toronto: J.M. Dent & Sons, 1927.

FORSYTH, Mark. *The Etymologicon: A Circular Stroll through the Hidden Connections of the English Language*. Nova York: Berkley Books, 2012.

FOUNTAIN, Henry. “At the Printer, Living Tissue.” *The New York Times*. 18 ago. 2013. Disponível em: www.nytimes.com/2013/08/20/science/next-out-of-the-printer-living-tissue.html?pagewanted=all&_r=0. Acesso em: 11 nov. 2019.

FRANKEL, Henry R. The *Continental Drift Controversy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

FRASER, Colin. *Harry Ferguson: Inventor & Pioneer*. Ipswich: Old Pond Publishing, 1972.

FRAZIER, O.H.; COHN, William E.; TUZUN, Egemen; WINKLER, Jo Anna; e GREGORIC, Igor D. “Continuous-Flow Total Artificial Heart Supports Long-Term Survival of a Calf.” *Texas Heart Institute Journal*, v. 36, n. 6, 568-574, 2009.

FRANKLYN, Julian. *A Dictionary of Rhyming Slang*. 2 ed. Londres: Routledge, 1991.

FREEMAN, Allyn e GOLDEN, Bob. Why Didn't I Think of That?: Bizarre Origins of Ingenious Inventions We Couldn't Live Without. Nova York: John Wiley, 1997.

FRITZ, C.; CURTIN, J.; POITEVINEAU, J.; MORREL-SAMUELS, P. e TAO, F.C. "Player Preferences among New and Old Violins". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 3, p. 760-763, 2012.

FROMKIN, David. *The Way of the World: From the Dawn of Civilizations to the Eve of the Twenty-first Century*. Nova York: Knopf, 1999.

GALLUZZI, Paolo. *The Mind of Leonardo: The Universal Genius at Work*. Florença: GIUNTI, 2006.

GARDNER, David P. et al. *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform. An Open Letter to the American People. A Report to the Nation and the Secretary of Education*. Washington: National Commission of Excellence in Education, 1983.

GARDNER, Howard. *Art, Mind, and Brain: A Cognitive Approach to Creativity*. Nova York: Basic Books, 1982.

GARDNER, Howard. *The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach*. Nova York: Basic Books, 1991.

GARDNER, Howard e PERKINS, David N. *Art, Mind, and Education: Research from Project Zero*. Urbana: University of Illinois Press, 1989.

GAUGUIN, Paul. *The Writings of a Savage*. Nova York: Viking Press, 1978.

GAZZANIGA, Michael S. *Human: The Science Behind What Makes Us Unique*. Nova York: Ecco, 2008.

GEIM, A.K., e NOVOSELOV, K.S. "The Rise of Graphene". *Nature Materials*, v. 6, n. 3, p. 183-191, 2007.

GELB, Michael J. *Aprenda a pensar com Leonardo da Vinci*. São Paulo: Ática, 2000.

GERTNER, Jon. *The Idea Factory: Bell Labs and the Great Age of American Innovation*. Nova York: Penguin Press, 2012.

GIOVANNINI, Daniel; ROMERO, Jacquiline; POTOČEK, Vaclav; FERENCZI, Gergely; SPEIRITS, Fiona; BARNETT, Stephen M.; FACCIO, Daniele; e PADGETT,

Miles J. “Photons that travel in free space slower than the speed of light”. *Science*, v. 347, n. 6224, p. 857-860, 2015. Disponível em: https://arxiv.org/abs/1411.3987. Acesso em: 11 nov. 2019.

GJERDINGEN, Robert. “Partimenti Written to Impart a Knowledge of Counterpoint and Composition.” In: MOELANTS, Dirk e SNYERS, Kathleen (orgs.). *Partimento and Continuo Playing in Theory and in Practice*. Leuven: Leuven University Press, 2010.

GLADWELL, Malcolm. “Creation Myth”. *The New Yorker*, 16 maio 2011. Disponível em: www.newyorker.com/magazine/2011/05/16/creation-myth. Acesso em: 11 nov. 2019.

GLEICK, James. *Genius: The Life and Science of Richard Feynman*. Nova York: Pantheon Books, 1992.

GOGH, Vincent van e BAILEY, Martin. *Letters from Provence*. Londres: Collins & Brown, 1990.

GOGH, Vincent van, e LEEUW, Ronald de. *The Letters of Vincent van Gogh*. Londres: Allen Lane, Penguin Press, 1996.

GOLD, H.L. “Ready, Aim — Extrapolate!”. *Galaxy Science Fiction*. Maio 1954.

GÖNCÜ, Artin e GASKINS, Suzanne. *Play and Development: Evolutionary, Sociocultural, and Functional Perspectives*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007.

GORDON, J.E. *The New Science of Strong Materials, Or, Why You Don’t Fall Through the Floor*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984.

GOTTSCHALL, Jonathan. *The Storytelling Animal: How Stories Make Us Human*. Nova York: Mariner Books, 2012.

GRAY, Peter. “Children’s Freedom Has Declined, So Has Their Creativity”. *Psychology Today*, 17 set. 2012. Disponível em: www.psychologytoday.com/us/blog/freedom-learn/201209/children-s-freedom-has-declined-so-has-their-creativity. Acesso em: 11 nov. 2019.

GREENBLATT, Stephen. *The Norton Anthology of English Literature*, vol. B. Nova York: W.W. Norton, 2012.

GREENE, Maxine. *Releasing the Imagination: Essays on Education, the Arts, and Social Change*. São Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1995.

GREENE, Maxine. *Variations on a Blue Guitar: The Lincoln Center Institute Lectures on Aesthetic Education*. Nova York: Teachers College Press, 2001.

GRIMES, Anthony; BRESLAUER, David N.; LONG, Maureen; PEGAN, Jonathan; LEE, Luke P. e KHINE, Michelle. "Shrinky-Dink Microfluidics: Rapid Generation of Deep and Rounded Patterns". *Lab Chip*, v. 8, n. 1, p. 170-172, 2008.

GROSS, Daniel. "Another Casualty of the Department of Energy's Loan Program Is Making a Comeback". *Slate*, 8 ago. 2014. Disponível em: www.slate.com/articles/business/the_juice/2014/08/beacon_power_the_department_of_energy_loan_recipient_is_making_a_comeback.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

HALEVY, Alon; NORVIG, Peter; e PEREIRA, Fernando. "The Unreasonable Effectiveness of Data". *IEEE Intelligent Systems*, v. 24, n. 2, p. 8-12, 2009.

HALL, Marcia B. *Michelangelo's Last Judgment*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.

HALL, Mimi. "Sci-fi writers join war on terror". *USA Today*, 31 maio 2007. Disponível em: http://usatoday30.usatoday.com/tech/science/2007-05-29-deviant-thinkers-security_N.htm. Acesso em: 11 nov. 2019.

HARDUS, Madeleine E.; LAMEIRA, Adriano R.; SCHAIK, Carel P. van e WICH, Serge A. "Tool Use in Wild Orangutans Modifies Sound Production: A Functionally Deceptive Innovation?". *Proceedings of the Royal Society B*, v. 276 n. 1673, p. 3689-3694, 2009. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2817314/. Acesso em: 11 nov. 2019.

HARDY, Quentin. "The Robotics Inventors Who Are Trying to Take the 'Hard' Out of Hardware". *The New York Times*, 14 abr. 2015. Disponível em: www.nytimes.com/2015/04/15/technology/the-robotics-inventors-who-are-trying-to-take-the-hard-out-of-hardware.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

HARGADON, Andrew. *How Breakthroughs Happen: The Surprising Truth About How Companies Innovate*. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2003.

HARNISCH, Larry. "Burbank Time Capsule Revisited". *Los Angeles Times*, 17 mar. 2009. Disponível em:

http://latimesblogs.latimes.com/thedailymirror/2009/03/burbank-time-ca.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

HATHAWAY, Ian e LITAN, Robert. "The Other Aging of America: The Increasing Dominance of Older Firms". *The Brookings Institution*, jul. 2014. Disponível em: www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/other_aging_america_dominance_older_firms_hathaway_litan.pdf. Acesso em: 11 nov. 2019.

HEDSTROM-PAGE, Deborah. *From Telegraph to Light Bulb with Thomas Edison*. Nashville: B&H Publishing Group, 2007.

HEMINGWAY, Ernest. "Colinas parecendo elefantes brancos". In: *Contos*. Tradução: J.J. Veiga. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. v. 2.

HEMINGWAY, Ernest; HEMINGWAY, Patrick e HEMINGWAY, Seán A. *A Farewell to Arms: The Hemingway Library Edition.* Nova York: Scribner, 2012.

HENRICH, Joseph; HEINE, Seven J. e NORENZAYAN, Ara. "The Weirdest People in the World?". *Behavioral and Brain Sciences*, v. 33, p. 61-135, 2010. Disponível em: www2.psych.ubc.ca/~henrich/pdfs/WeirdPeople.pdf. Acesso em: 21 nov. 2019.

HICKEY, Maud. *Music outside the Lines: Ideas for Composing in K-12 Music Classrooms*. Oxford: Oxford University Press, 2012.

HILMES, Michele. *Hollywood and Broadcasting: From Radio to Cable*. Urbana: University of Illinois Press, 1990.

HILTZIK, Michael A. *Dealers of Lightning: Xerox PARC and the Dawn of the Computer Age.* Nova York: HarperCollins, 2000.

HOFSTADTER, Douglas R. e SANDER, Emmanuel. *Surfaces and Essences: Analogy as the Fuel and Fire of Thinking*. Nova York: Basic Books, 2013.

HOLT, Rackham. *George Washington Carver: An American Biography*. Garden City, NY: Doubleday, 1943.

HORGAN, John e LORENZO, Jack. *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*. Nova York: Basic Books, 2015.

"HOW Companies Incentivize Innovation". *SIT*, maio 2013. Disponível em: www.innovationinpractice.com/innovation_in_practice/2013/05/how-companies-incentivize-innovation.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

HUGHES, Jonnie. *On the Origin of Tepees: The Evolution of Ideas (and Ourselves)*. Nova York: Free Press, 2011.

HUGHES, Robert. "Art: Ku Klux Komix". *Time*, 9 nov. 1970. Disponível em: http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,943281,00.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

HUGHES, Robert. "Art: Reflections in a Bloodshot Eye". *Tim*e, 3 ago. 1981. Disponível em: http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,949302-2,00.html. Acesso em: 11 nov. 2019.

ILIN, Andrew V.; CASSADY, Leonard D.; GLOVER, Tim W. e DIAZ, Franklin R. Chang. "VASIMRR Human Mission to Mars". Apresentação no Space, Propulsion and Energy Sciences International Forum, College Park, MD, 15-17 mar. 2011.

ILLY, Jozsef. *The Practical Einstein: Experiments, Patents, Inventions*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2012.

ISRAEL, Paul. *Edison: A Life of Invention*. Nova York: John Wiley, 1998.

JANSON, S.; MIDDENDORF, M. e BEEKMAN, M. "Searching for a New Home – Scouting Behavior of Honeybee Swarms". *Behavioral Ecology*, v. 18, n. 2, p. 384-392, 2006.

JOHNSON, George. "Quantum Leaps: 'Einstein's Jewish Science', by Steven Gimbel." *The New York Times*, 3 ago. 2012. Disponível em: https://www.nytimes.com/2012/08/05/books/review/einsteins-jewish-science-by-steven-gimbel.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

JOHNSON, Steven. *Como chegamos até aqui: A história das inovações que fizeram a vida moderna possível*. Tradução: Claudio Carina. 1 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

JOHNSON, Steven. *De onde vêm as boas ideias: Uma história natural da inovação*. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. 1 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

JOHNSON, Todd. "How Composites and Carbon Fiber Are Used". *About*. Disponível em: http://composite.about.com/od/aboutcarbon/a/Boeings-787-Dreamliner.htm. Acesso em: 7 nov. 2019.

JONES, Kent. "Playtime". RSS, 3 jun. 2001. Disponível em: www.criterion.com/current/posts/115-playtime. Acesso em: 7 nov. 2019.

JONES, Robert P.; COX, Daniel; DIONNE JR., E.J.; GALSTON, William A.; COOPER, Betsy e LIENESCH, Rachel. *How Immigration and Concerns About Cultural Change Are Shaping the 2016 Election*. Washington, D.C.: Public Religion Research Institute, 2016.

KAHN, Robert S. *Beethoven and the Grosse Fuge: Music, Meaning, and Beethoven's Most Difficult Work*. Lanham, MD: Scarecrow Press, 2010.

KAPLAN, Fred. "'WarGames' and Cyber Security's Debt to a Hollywood Hack". *The New York Times*, 19 fev. 2016. Disponível em: www.nytimes.com/2016/02/21/movies/wargames-and-cybersecuritys-debt-to-a-hollywood-hack.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

KAPLAN, Robert. *O nada que existe: uma história natural do zero*. Tradução: Laura Neves. 1 ed. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

KARDOS, J.L. "Critical Issues In Achieving Desirable Mechanical Properties for Short Fiber Composites". *Pure and Applied Chemistry*, v. 57, n. 11, p. 1651-7, 1985.

KARPMAN, Ben. "Ernest Everett Just". *Phylon*, v. 4, n. 2, p. 159-63, 1943. Disponível em: www.jstor.org/stable/271888. Acesso em: 7 nov. 2019.

KARVE, Aneesh. "Sixteen Techniques for Innovation (And Counting)". *Visual Magnetic*. 8 maio 2010. Disponível em: www.visualmagnetic.com/2010/05/forms-of-innovation/. Acesso em: 7 nov. 2019.

KAUFMAN, Allison B.; BUTT, Allen E.; KAUFMAN, James C. e COLBERT-WHITE, Erin M. "Towards a Neurobiology of Creativity in Nonhuman Animals". *Journal of Comparative Psychology*, v. 125, n. 255-72. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/jck_articles/KaufmanButtKaufmanColbertWhite2011.pdf. Acesso em: 14 nov. 2019.

KELLEY, Tom. *A arte da inovação: lições de criatividade da IDEO, a maior empresa norte-americana de design*. Tradução: Maria Claudia Lopes. 2 ed. São Paulo: Futura, 2001.

KEMP, Martin. *Leonardo Da Vinci: Experience, Experiment and Design*. Princeton: Princeton University Press, 2006.

KENNEDY, Pagan. *Inventology: How We Dream Up Things That Change the World*. Nova York: Houghton Mifflin Harcourt, 2016.

KERNTOPF, Paweł; STANKOVIĆ, Radomir; DE VOS, Alexis e ASTOLA, Jaakko. "Early Pioneers in Reversible Computation". Japão: Research Group on Multiple-Valued Logic, 2014. Disponível em: https://biblio.ugent.be/publication/4400338. Acesso em: 21 ago. 2014.

KEYNES, John Maynard. "Economic Possibilities for Our Grandchildren". In: *Essays in Persuasion*. Nova York: Norton, 1963.

KIM, Kyung Hee. "The Creativity Crisis: The Decrease in Creative Thinking Scores on the Torrance Tests of Creative Thinking". *Creativity Research Journal*, v. 23, n. 4, p. 285-95, 2011.

KIM, Sangbae; LASCHI, Cecilia e TRIMMER, Barry. "Soft Robotics: A Bioinspired Evolution in Robotics". *Trends in Biotechnology*, v. 31, n. 5, p. 287-94, 2013.

KING JR., Martin Luther. *Why We Can't Wait*. Nova York: Signet Classics, 2000.

KLEIN, Maury. *The Power Makers: Steam, Electricity, and the Men Who Invented Modern America*. Nova York: Bloomsbury Press, 2008.

KLEMENS, Guy. *The Cellphone: The History and Technology of the Gadget That Changed the World*. Jefferson, NC: McFarland, 2010.

KLEON, Austin. *Newspaper Blackout*. Nova York: Harper Perennial, 2010.

KOCH, Christof. "Keep it in Mind". *Scientific American*, maio 2014, p. 26-9.

KOESTLER, Arthur. *The Act of Creation*. Nova York: Macmillan, 1965.

KONNIKOVA, Maria. "The Open-Office Trap". *The New Yorker*, 7 jan. 2014. Disponível em: www.newyorker.com/business/currency/the-open-office-trap. Acesso em: 13 nov. 2019.

KOWATARI, Yasuyuki; LEE, Seung Hee; YAMAMURA, Hiromi e YAMAMOTO, Miyuki. "Neural Networks Involved in Artistic Creativity". *Human Brain Mapping*, v. 30, n. 5, p. 1678-90, 2009. Disponível em: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hbm.20633/abstract. Acesso em: 13 nov. 2019.

KRAMER, Hilton. "A Mandarin Pretending to be a Stumblebum". *The New York Times*, 25 out. 1970. Disponível em: www.nytimes.com/1970/10/25/archives/a-mandarin-pretending-to-be-a-stumblebum.html. Acesso em: 13 nov. 2019.

KRANZ, Gene. *Failure Is Not an Option: Mission Control from Mercury to Apollo 13 and Beyond*. Nova York: Simon & Schuster, 2000.

KREMER, Gary R. *George Washington Carver: A Biography*. Santa Barbara, CA: Greenwood, 2011.

KRYZA, Frank. *The Power of Light: The Epic Story of Man's Quest to Harness the Sun*. Nova York: McGraw-Hill, 2003.

KUNDERA, Milan. *A cortina: Ensaio em sete partes*. Tradução: Teresa Bulhões Carvalho da Fonseca. 1 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

KURZWEIL, Ray. *A era das máquinas espirituais*. Tradução: Fábio Fernandes. 1 ed. São Paulo: Aleph, 2007.

LAKHANI, Karim R. e PANETTA, Jill A. "The Principles of Distributed Innovation". *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, v. 2, n. 3, p. 97-112, 2007.

LAKHANI, Karim R.; JEPPESEN, Lars Bo; LOHSE, Peter A. e PANETTA, Jill A. "The Value of Openness in Scientific Problem Solving". Harvard Business School Working Paper, jan. 2007. Disponível em: http://hbswk.hbs.edu/item/the-value-of-openness-in-scientific-problem-solving. Acesso em: 13 nov. 2019.

LAMORE, Rex; ROOT-BERNSTEIN, Robert; ROOT-BERNSTEIN, Michele; SCHWEITZER, John H.; LAWTON, James L.; RORABACK, Eileen; PERUSKI, Amber; VANDYKE, Amber e FERNANDEZ, Laleah. "Arts and Crafts: Critical to Economic Innovation". *Economic Development Quarterly*, v. 27, n. 3, p. 221-9, 2013. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0891242413486186. Acesso em: 13 nov. 2019.

"LATEST HSSSE Results Show Familiar Theme: Bored, Disconnected Students Want More from Schools". *Indiana University*, 8 jun. 2010. Disponível em: http://newsinfo.iu.edu/news-archive/14593.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

LAWSON, Bryan. *Como arquitetos e designers pensam*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAZARIS, A.; ARCIDIACONO, S.; HUANG, Y.; Zhou, J.; DUGUAY, F.; CHRETIEN, N.; Welsh, E.; SOARES, J. e KARATZAS, C. "Spider Silk Fibers Spun from

Soluble Recombinant Silk Produced in Mammalian Cells". *Science*, v. 295, n. 5554, p. 472-476, 2002. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11799236. Acesso em: 13 nov. 2019.

LEGGETT, Hadley. "One Million Spiders Make Golden Silk for Rare Cloth". *Wired*, 23 set. 2009. Disponível em: www.wired.com/2009/09/spider-silk/. Acesso em: 7 nov. 2019.

LEHRER, Jonah. "Groupthink: The Brainstorming Myth". *The New Yorker*, 30 jan. 2012. Disponível em: www.newyorker.com/magazine/2012/01/30/groupthink. Acesso em: 13 nov. 2019.

LEHMANN, Laurent; KELLER, Laurent; WEST, Stuart e ROZE, Denis. "Group Selection and Kin Selection: Two Concepts but One Process". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 16, p. 6736–9, 2007.

LEMONICK, Michael D. *The Perpetual Now: A Story of Love, Amnesia, and Memory*. Nova York: Doubleday, 2017.

LEVINSON, Paul. *Cellphone: The Story of the World's Most Mobile Medium and How It Has Transformed Everything!*. Nova York: Palgrave Macmillan, 2004.

LIANG, Z.S.; NGUYEN, T.; MATTILA, H.R.; RODRIGUEZ-ZAS, S.L.; SEELEY, T.D e ROBINSON, G.E. "Molecular Determinants of Scouting Behavior in Honey Bees". *Science*, v. 335, n. 6073, p. 1225-228, 2012.

LIEBERMAN, Daniel. *A história do corpo humano: Evolução, saúde e doença*. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

LIEFF, John. "Neuronal Connections and the Mind, the Connectome". *Searching for the Mind with John Lieff, M.D*, 29 maio 2012. Disponível em: http://jonlieffmd.com/blog/neuronal-connections-and-the-mind-the-connectome. Acesso em: 7 nov. 2019.

LIENHARD, John H. *How Invention Begins: Echoes of Old Voices in the Rise of New Machines*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

LIENHARD, John H. *Inventing Modern: Growing up with X-rays, Skyscrapers, and Tailfins*. Nova York: Oxford University Press, 2003.

LILLARD, Angeline e ELSE-QUEST, Nicole. "Evaluating Montessori Education". *Science*, v. 313, p. 1893-4, 2006. Disponível em:

http://science.sciencemag.org/content/313/5795/1893.full. Acesso em: 7 nov. 2019.

LIMB, Charles J. e BRAUN, Allen R. "Neural Substrates of Spontaneous Musical Performance: An fMRI Study of Jazz Improvisation". *PLoS ONE*, v. 3, n. 2, 2008. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0001679. Acesso em: 7 nov. 2019.

LIU, David. "Is Education Killing Creativity in the New Economy?". *Fast Company*, 26 abr. 2013. Disponível em: www.fastcompany.com/3008800/education-killing-creativity-new-economy. Acesso em: 7 nov. 2019.

LOCKHART, Paul. *A Mathematician's Lament*. Nova York: Bellevue Literary Press, 2009.

LOEWY, Raymond. *Never Leave Well Enough Alone*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2002.

LOHR, Steve. "IBM's Design-Centered Strategy to Set Free the Squares". *The New York Times*, 14 nov. 2015. Disponível em: www.nytimes.com/2015/11/15/business/ibms-design-centered-strategy-to-set-free-the-squares.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

LONGWELL, Chester R. "Some Thoughts on the Evidence for Continental Drift". *American Journal of Science*, v. 242, p. 218-231, 1944.

LOVELL, Jim e KLUGER, Jeffrey. *Apollo 13*. Nova York: Pocket Books, 1995.

LOWES, John Livingston. *The Road to Xanadu: A Study in the Ways of the Imagination*. Boston: Houghton Mifflin, 1927.

LYKKEN, David. "The Genetics of Genius". In: STEPTOE, A. (org.). *Genius and the Mind: Studies of Creativity and Temperament in the Historical Record*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

LYSAKER, John T. e ROSSI, William John. *Emerson and Thoreau: Figures of Friendship*. Bloomington: Indiana University Press, 2010.

MACCORMACK, Alan; MURRAY, Fiona e WAGNER, Erika. "Spurring Innovation Through Competitions". *MIT Sloan Management Review*, 17 set. 2013. Disponível em: http://sloanreview.mit.edu/article/spurring-innovation-through-competitions/. Acesso em: 7 nov. 2019.

MADRIGAL, Alexis C. "The Crazy Old Gadgets That Presaged the iPod, iPhone and a Whole Lot More". *Atlantic*, 11 maio 2011. Disponível em:

www.theatlantic.com/technology/archive/2011/05/the-crazy-old-gadgets-that-presaged-the-ipod-iphone-e-a-whole-lot-more/238679/. Acesso em: 7 nov. 2019.

MAHESH, G.T.; SHENOY B. Satish; PADMARAJ, N.H. e CHETHAN, K.N. "Synthesis and Mechanical Characterization of Grewia Serrulata Short Natural Fiber Composites". *International Journal of Current Engineering and Technology*, n. 2, p. 43–6, 2014. Disponível em: www.researchgate.net/publication/274346972_Synthesis_and_Mechanical_Characterization_of_Grewia_Serrulata_Short_Natural_Fiber_Composites. Acesso em: 7 nov. 2019.

MAHON, Basil. *Oliver Heaviside: Maverick Mastermind of Electricity*. Stevenage: Institution of Engineering and Technology, 2009.

MALANOWSKI, Susan. "Innovation Incentives: How Companies Foster Innovation". *Wilson Group*, set. 2007. Disponível em: www.wilsongroup.com/books-articles-a-papers/. Acesso em: 7 nov. 2019.

MANLEY, Tim. *Alice in tumblr-Land and Other Fairy Tales for a New Generation*. Nova York: Penguin Books, 2013.

MANZANO, Orjan de; CERVENKA, Simon; KARABANOV, Anke; FARDE, Lars e ULLEN, Fredrik. "Thinking Outside a Less Intact Box: Thalamic Dopamine D2 Receptor Densities Are Negatively Related to Psychometric Creativity in Healthy Individuals". *PLOS ONE* 5, n. 5, 2010.

MARKOFF, John. "Microsoft Plumbs Ocean's Depths to Test Underwater Data Center", *The New York Times*, 31 jan. 2016. Disponível em: www.nytimes.com/2016/02/01/technology/microsoft-plumbs-oceans-depths-to-test-underwater-data-center.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

MARKOFF, John. "Xerox Seeks Erasable Form of Paper for Copiers". *The New York Times*, 27 nov. 2006. Disponível em: www.nytimes.com/2006/11/27/technology/27xerox.html?_r=0. Acesso em: 7 nov. 2019.

MÁRQUEZ, Gabriel García. *Viver para contar*. Tradução: Eric Nepomuceno. 8 ed. Rio de Janeiro: Record, 2009.

MARTIN, Rachel. "Biomimicry: From Adaptations to Inventions". *MathScience Innovation Center*.

MARTINDALE, Colin. *The Clockwork Muse: The Predictability of Artistic Change*. Nova York: Basic Books, 1990.

MATHUR, Avantika; VIJAYAKUMAR, Suhas H.; CHAKRABARTI, Bhismadev e SINGH, Nandini C. "Emotional Responses to Hindustani Raga Music: The Role of Musical Structure". *Frontiers in Psychology*, v. 6, n. 513, 2015.

MAUK, Ben. "Last Blues for Blockbuster". *The New Yorker*, 8 nov. 2013. Disponível em: www.newyorker.com/business/currency/last-blues-for-blockbuster. Acesso em: 7 nov. 2019.

MAY, Matthew E. *Toyota: A fórmula da inovação*. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

MAYSELESS, Naama; UZEFOVSKY, Florina; SHALEV, Idan; EBSTEIN, Richard P. e SHAMAY-TSOORY, Simone G. "The Association between Creativity and 7R Polymorphism in the Dopamine Receptor D4 Gene (DRD4)". *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 7, 2013.

MAEDA, John. "STEM + Art = STEAM". *The STEAM Journal*, v. 1, n. 1, artigo 34, 2013. Disponível em: http://scholarship.claremont.edu/steam/vol1/iss1/34. Acesso em: 13 nov. 2019.

MCCOY, Roger M. *Ending in Ice: The Revolutionary Idea and Tragic Expedition of Alfred Wegener*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

MCCULLOUGH, David G. *The Wright Brothers*. Nova York: Simon and Schuster, 2015.

MCELHENY, Victor K. *Drawing the Map of Life: Inside the Human Genome Project*. Nova York: Basic Books, 2010.

MCELHENY, Victor K. *Insisting on the Impossible: The Life of Edwin Land*. Reading, MA: Perseus Books, 1998.

MCNEIL JR., Donald G. "Car Mechanic Dreams Up a Tool to Ease Births". *The New York Times*, 13 nov. 2013.

MEDNICK, Sarnoff A. "The Associative Basis of the Creative Process". *Psychological Review*, v. 69, n. 3, 1962. Disponível em: http://psycnet.apa.org/psycinfo/1963-06161-001. Acesso em: 14 nov. 2019.

MILLAR, Garnet W. *The Torrance Kids at Mid-life: Selected Case Studies of Creative Behavior*. Westport, CT: Ablex, 2001.

MILLER, Lucy. *Chamber Music: An Extensive Guide for Listeners*. Lanham: Rowman and Littlefield, 2015.

MIODOWNIK, Mark. *De que são feitas as coisas: As curiosas histórias dos maravilhosos materiais que formam o mundo dos humanos*. Tradução: Marcelo Barbão. São Paulo: Blucher, 2015.

MOFFITT, Terrie E. et al. "A Gradient of Childhood Self-Control Predicts Health, Wealth, and Public Safety". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 108, n. 7, p. 2693-8, 2011.

MONTAIGNE, Michel de. *Complete Essays*. Tradução: Donald Frame. Palo Alto: Stanford University Press, 1958.

MORAN, Seana; CROPLEY, David e KAUFMAN, James C. "Neglect of Creativity in Education: A Moral Issue". In: *The Ethics of Creativity*. Nova York: Palgrave Macmillan, 2014.

MORIMOTO, Michael. *The Forging of a Japanese Katana*. Tese de PhD. Colorado School of Mines, 2004.

MURPHY, Robin; SHELL, Dylan; GUERIN, Amy; DUNCAN, Brittany; FINE, Benjamin; PRATT, Kevin e ZOURNTOS, Takis. "A Midsummer Night's Dream (With Flying Robots)". *Autonomous Robots,* v. 30, 2011. Disponível em: http://link.springer.com/article/10.1007/s10514-010-9210-3. Acesso em: 14 nov. 2019.

NACHMANOVITCH, Stephen. *Ser criativo: o poder da improvisação na vida e na arte*. Tradução: Eliana Rocha. São Paulo: Summus, 1993.

NAZAR, Jason. "Fourteen Famous Business Pivots". *Forbes*, 8 out. 2013. Disponível em: www.forbes.com/sites/jasonnazar/2013/10/08/14-famous-business-pivots/#885848d1fb94. Acesso em: 7 nov. 2019.

NDIAYE, Pap. *Nylon and Bombs: DuPont and the March of Modern America*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2007.

NEMY, Enid. "Bobby Short, Icon of Manhattan Song and Style, Dies at 80". *The New York Times*, 21 mar. 2005. Disponível em: www.nytimes.com/2005/03/21/arts/music/21cnd-short.html?_r=0. Acesso em: 7 nov. 2019.

NEWCOMB, Alyssa. "SXSW 2015: Why Google Views Failure as a Good Thing". *ABC News*, 17 mar. 2015. Disponível em:

http://abcnews.go.com/Technology/sxsw-2015-google-views-failure-good-thing/story?id=29705435. Acesso em: 7 nov. 2019.

"THE NEXT-GENERATION Data Center: A Software Defined Environment Where Service Optimization Provides the Path". *IBM Global Technology Services*, maio 2014. Disponível em: https://www.techrepublic.com/resource-library/whitepapers/the-next-generation-data-center-a-software-defined-environment-where-service-optimization-provides-the-path/. Acesso em: 17 maio 2016.

NICHOLL, Charles e DA VINCI, Leonardo. *Leonardo da Vinci: The Flights of the Mind*. Londres: Allen Lane, 2004.

NICHOLSON, Judith A. "FCJ-030 Flash! Mobs in the Age of Mobile Connectivity". *The Fibreculture Journal*, n. 6, 2005. Disponível em: http://six.fibreculturejournal.org/fcj-030-flash-mobs-in-the-age-of-mobile-connectivity/. Acesso em: 7 nov. 2019.

NIELSEN, Jared A.; ZIELINSKI, Brandon A.; FERGUSON, Michael A.; LAINHART, Janet E. e ANDERSON, Jeffrey S. "An Evaluation of the Left-Brain vs. Right-Brain Hypothesis with Resting State Functional Connectivity Magnetic Resonance Imaging". *PLoS ONE*, v. 8, n. 8, 2013. Disponível em: http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0071275. Acesso em: 13 nov. 2019.

"NOH and Kutiyattam – Treasures of World Cultural Heritage". *The Japan-India Traditional Performing Arts Exchange Project 2004*, 26 dez. 2004. Disponível em: http://noh.manasvi.com/noh.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

NORMAN, Donald A. *O design do dia a dia*. Tradução: Ana Deiró. 1 ed. Rio de Janeiro: Anfiteatro, 2006.

NOVA. "Andrew Wiles on Solving Fermat". *PBS*, 1 nov. 2000. Disponível em: www.pbs.org/wgbh/nova/physics/andrew-wiles-fermat.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

OATES, Joyce Carol. "The Myth of the Isolated Artist". *Psychology Today*, v. 6, p. 74-5, 1973.

O'BANNON, Ricky. "By the Numbers: Female Composers". *Baltimore Symphony Orchestra*. 2016. Disponível em: www.bsomusic.org/stories/by-the-numbers-female-composers.aspx. Acesso em: 7 nov. 2019.

ODEN, Maria; MIRABAL, Yvette; EPSTEIN, Marc e RICHARDS-KORTUM, Rebecca. "Engaging Undergraduates to Solve Global Health Challenges: A New Approach Based on Bioengineering Design". *Annals of Biomedical Engineering*, v. 38, n. 9, p. 3031-41, 2010.

OKRENT, Arika. *In the Land of Invented Languages: Esperanto Rock Stars, Klingon Poets, Loglan Lovers, and the Mad Dreamers Who Tried to Build a Perfect Language*. Nova York: Spiegel & Grau, 2009.

ORESKES, Naomi. *The Rejection of Continental Drift: Theory and Method in American Earth Science*. Nova York: Oxford University Press, 1999.

ORLEAN, Susan. "Thinking in the Rain". *The New Yorker,* 11 fev. 2008. Disponível em: www.newyorker.com/magazine/2008/02/11/thinking-in-the-rain. Acesso em: 7 nov. 2019.

OSBORN, Alex. *O poder criador da mente: princípios e processos do pensamento criador e do brainstorming*. Tradução: E. Jacy Monteiro. 8 ed. São Paulo: IBRASA, 1996.

OSBORN, Alex. *Your Creative Power: How to Use Imagination*. Nova York: Scribners and Sons, 1948.

O'SHANNESSY, Carmel. "The Role of Multiple Sources in the Formation of an Innovative Auxiliary Category in Light Warlpiri, a New Australian Mixed Language". *Language*, v. 89, n. 2, p. 328-53, 2013.

OVERBYE, Dennis. "Reaching for the Stars, Across 4.37 Light-Years". *The New York Times*, 12 abr. 2016. Disponível em: www.nytimes.com/2016/04/13/science/alpha-centauri-breakthrough-starshot-yuri-milner-stephen-hawking.html. Acesso em: 13 nov. 2019.

PARKER, Ian. "The Shape of Things to Come". *The New Yorker*, 23 fev. 2015. Disponível em: www.newyorker.com/magazine/2015/02/23/shape-things-come. Acesso em: 7 nov. 2019.

PARKS, Suzan-Lori. *365 Days/365 Plays*. Nova York: Theater Communications Group, Inc., 2006.

PARTRIDGE, Loren W.; COLALUCCI, Gianluigi e MANCINELLI, Fabrizio. *Michelangelo — The Last Judgment: A Glorious Restoration*. Nova York: Harry N. Abrams, 1997.

PAUL, Annie Murphy. "Are We Wringing the Creativity Out of Kids?". *Mind Shift*, 4 maio 2012. Disponível em:

www.kqed.org/mindshift/21152/are-we-wringing-the-creativity-out-of-kids. Acesso em: 7 nov. 2019.

PAYNE, Robert. *The Canal Builders: The Story of Canal Engineers through the Ages*. Nova York: Macmillan, 1959.

PEARCE, Jeremy. "Stephanie L. Kwolek, Inventor of Kevlar, Is Dead at 90". *The New York Times*, 20 jun. 2014. Disponível em: www.nytimes.com/2014/06/21/business/stephanie-l-kwolek-inventor-of-kevlar-is-dead-at-90.html. Acesso em: 13 nov. 2019.

PETROSKI, Henry. *A evolução das coisas úteis: clipes, garfos, latas, zíperes e outros objetos de nosso cotidiano*. Tradução: Carlos Irineu W. da Costa. 1 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

PETROSKI, Henry. *Invention by Design: How Engineers Get from Thought to Thing*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996.

PETROSKI, Henry. *Success through Failure: The Paradox of Design*. Princeton: Princeton University Press, 2006.

PETRULIONIS, Sandra Harbert. *Thoreau in His Own Time: A Biographical Chronicle of His Life, Drawn from Recollections, Interviews, and Memoirs by Family, Friends, and Associates*. Iowa City: University of Iowa Press, 2012.

PHELPS, Edmund S. "Less Innovation, More Inequality". *The New York Times*, 24 fev. 2013. Disponível em: http://opinionator.blogs.nytimes.com/2013/02/24/less-innovation-more-inequality/?hp&_r=1. Acesso em: 7 nov. 2019.

PICASSO, Pablo. *Je Suis Le Cahier: The Sketchbooks of Pablo Picasso*. GLIMCHER, Arnold B. e GLIMCHER, Marc (orgs.). Boston: Atlantic Monthly Press, 1986.

PICASSO, Pablo. *Les Demoiselles D'Avignon: A Sketchbook*. LEAL, Brigitte e BOSMAN, Suzanne (orgs.). Londres: Thames and Hudson, 1988.

PICCIUTO, Elizabeth e CARRUTHERS, Peter. "The Origins of Creativity". In: PAUL, Elliot Samuel e KAUFMAN, Scott Barry (orgs.).*The Philosophy of Creativity: New Essays*. Nova York: Oxford University Press, 2014.

PINCH, T.J. e BIJSTERVELD, Karin. *The Oxford Handbook of Sound Studies*. Nova York: Oxford University Press, 2012.

PINK, Daniel H. *A Whole New Mind: Why Right-Brainers Will Rule the Future*. Nova York: Riverhead Books, 2006.

PINKER, Steven. "The False Allure of Group Selection". *Edge*, 18 jun. 2012. Disponível em: www.edge.org/conversation/steven_pinker-the-false-allure-of-group-selection. Acesso em: 13 nov. 2019.

PLANTINGA, Judy e TREHUB, Sandra E. "Revisiting the Innate Preference for Consonance". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 40, n. 1, p. 40-49, 2014. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23815480. Acesso em: 13 nov. 2019.

PODOLNY, Shelley. "If an Algorithm Wrote This, How Would You Even Know?". *The New York Times*, 7 mar. 2015. Disponível em: www.nytimes.com/2015/03/08/opinion/sunday/if-an-algorithm-wrote-this-how-would-you-even-know.html. Acesso em: 13 nov. 2019.

POPOVA, Maria. "Margaret Mead on Female vs. Male Creativity, the 'Bossy' Problem, Equality in Parenting, and Why Women Make Better Scientists". *Brain Pickings*, 6 ago. 2014. Disponível em: www.brainpickings.org/2014/08-06/margaret-mead-female-male/. Acesso em: 7 nov. 2019.

PRAGER, Phillip. "Making Sense of the Modernist Muse: Creative Cognition and Play at the Bauhaus". *American Journal of Play*, v. 7, n. 1, p. 27-49, 2014.

PROTTER, Eric (org.). *Painters on Painting*. Nova York: Dover, 2011.

QUICK, Darren. "Researchers Develop 'Cluster Bomb' to Target Cancer". *New Atlas*, 24 ago. 2010. Disponível em: https://newatlas.com/cluster-bomb-for-cancer-treatment/16121/. Acesso em: 7 nov. 2019.

RABKIN, Nick. "Houston Arts Partners Lecture". Lecture, Houston Arts Partners 2014 Conference. Houston, TX. 5 set. 2014.

RABKIN, Nick e HEDBERG, E.C. *Arts Education in America: What the Declines Mean for Arts Participation*. Washington, D.C.: National Endowment for the Arts, 2011.

RADIVOJEVIĆ, Miljana; REHREN, Thilo; KUZMANOVIĆ-CVETKOVIĆ, Julka; JOVANOVIĆ, Marija e NORTHOVER, J. Peter. "Tainted Ores and the Rise of Tin Bronzes in Eurasia, C. 6,500 Years Ago". *Antiquity*, v. 87, n. 338, p. 1030-045, 2013.

RANDL, Chad. *Revolving Architecture*. Nova York: Princeton Architectural Press, 2008.

RAPHEL, Adrienne. "Competition for McDonald's, and for Ronald". *The New Yorker*, 23 abr. 2014. Disponível em: www.newyorker.com/business/currency/competition-for-mcdonalds-and-for-ronald. Acesso em: 13 nov. 2019.

RASSENFOSS, Stephen. "Increased Oil Production with Something Old, Something New". *Journal of Petroleum Technology*, v. 64, n. 10, 2012. Disponível em: www.onepetro.org/journal-paper/SPE-1012-0036-JPT. Acesso em: 7 nov. 2019.

RECASENS, M.; LEUNG, Sumie; GRIMM, Sabine; NOWAK, Rafal e ESCERA, Carles. "Repetition suppression and repetition enhancement underlie auditory memory-trace formation in the human brain: an MEG study." *Neuroimage*, n. 108, p. 75-86, 2015.

"REDEFINING Cancer Could Reduce Unnecessary Treatment". *CBS*, 23 set. 2013. Disponível em: www.cbsnews.com/news/redefining-cancer-could-reduce-unnecessary-treatment/. Acesso em: 7 nov. 2019.

REEDER, Roberta. *Anna Akhmatova: Poet and Prophet*. Londres: Allison & Busby, 1995.

REEDER, Roberta. "Anna Akhmatova: The Stalin Years". *New England Review*, v. 18, n. 1, p. 105-125, 1997.

RESNICK, Mitchel. "All I Really Need to Know (About Creative Thinking) I Learned (By Studying How Children Learn) in Kindergarten". In: *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI Conference on Creativity and Cognition*. Nova York: ACM, 2007.

RHODES, Richard. *The Making of the Atomic Bomb*. Nova York: Simon & Schuster, 1986.

RICHARDSON, John e MCCULLY, Marilyn. *A Life of Picasso*. Nova York: Random House, 1991.

RIORDAN, M. "How Europe Missed the Transistor". *IEEE Spectrum*, v. 42, n. 11, 52-7, 2005.

ROBINSON, Ken. *Out of Our Minds: Learning to Be Creative*. Oxford: Capstone, 2011.

ROEDIGER, Henry L.; MCDANIEL, Mark A.; MCDERMOTT, Kathleen B. e AGARWAL, Pooja K. -"Test-Enhanced Learning in the Classroom: The Columbia Middle School Project". *PsycEXTRA Dataset*, dez. 2007. doi:10.1037/e527342012-530. Acesso em: 17 maio 2016.

ROSEN, Charles. *The Classical Style: Haydn, Mozart, Beethoven*. Nova York: W.W. Norton, 1997.

ROSS, Alistair. "Why Did Google Abandon 20% Time for Innovation?". *HR Zone*, 3 jun. 2015. Disponível em: www.hrzone.com/lead/culture/why-did-google-abandon-20-time-for-innovation. Acesso em: 7 nov. 2019.

ROTHFEDER, Jeffrey. *Driving Honda: Inside The World's Most Innovative Car Company*. Nova York: Penguin, 2014.

ROTMAN, B. *Signifying Nothing: The Semiotics of Zero*. Nova York: St. Martin's Press, 1987.

RUBIN, William; PICASSO, Pablo; SECKEL-KLEIN, Helene e COUSINS, Judith. *Les Demoiselles D'Avignon*. Nova York: Museum of Modern Art, 1994.

RUNCO, Mark A.; MILLAR, Garnet; ACAR, Selcuk e CRAMOND, Bonnie. "Torrance Tests of Creative Thinking as Predictors of Personal and Public Achievement: A Fifty-Year Follow-Up". *Creativity Research Journal*, v. 22, n. 4, p. 361-368, 2010.

RUSSELL, Amy e RICE, Stephen. "Sailing Seeds: An Experiment in Wind Dispersal". *Botanical Society of America*, mar. 2001. Disponível em: http://botany.org/bsa/misc/mcintosh/dispersal.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

RUTHERFORD, Adam. "Synthetic Biology and the Rise of the 'Spider-Goats'". *The Guardian*, 14 jan. 2012. Disponível em: www.theguardian.com/science/2012/jan/14/synthetic-biology-spider-goat-genetics. Acesso em: 13 nov. 2019.

RYDELL, Robert W.; SCHIAVO, Laura Burd e BENNETT, Robert. *Designing Tomorrow: America's World's Fairs of the 1930s*. New Haven: Yale University Press, 2010.

SAGER, Ira. "Before iPhone and Android Came Simon, the First Smartphone". *Bloomberg*, 29 jun. 2012. Disponível em: www.bloomberg.com/news/articles/2012-06-29/before-iphone-and-android-came-simon-the-first-smartphone. Acesso em: 7 nov. 2019.

SANGER, Frederick e DOWDING, Margaret. *Selected Papers of Frederick Sanger: With Commentaries*. Cingapura: World Scientific, 1996.

SANGSTER, William. *Umbrellas and Their History*. Londres: Cassell, Petter, and Galpin, 1871.

SAVAL, Nikil. *Cubiculados: Uma história secreta do local de trabalho*. Tradução: Angela Lobo de Andrade. 1 ed. Rio de Janeiro: Anfiteatro, 2015.

SAWYER, R. Keith. *Explaining Creativity: The Science of Human Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

SCHMIDHUBER, Jürgen. "Formal Theory of Creativity & Fun Explains Science, Art, Music, Humor". Dalle Molle Institute for Artificial Intelligence Research. Disponível em: http://people.idsia.ch/~juergen/creativity.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

SCHMIDT, Eric e ROSENBERG, Jonathan. *Como o Google funciona*. Tradução: André Gordirro. 1 ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

SCHNABEL, Julian; CLEARWATER, Bonnie; FUCHS, Rudi e BASELITZ, Georg. *Julian Schnabel: Versions of Chuck & Other Works*. Derneburg, Alemanha: Derneburg, 2007.

SCHNABEL, Julian; ROSENTHAL, Norman e LIGNITI, Emily. *Julian Schnabel: Permanently Becoming and the Architecture of Seeing*. Milão: Skira, 2011.

SCHNEIER, Matthew. "The Mad Scientists of Levi's". *The New York Times*, 5 nov. 2015.

SCHRIEBER, Reinhard e GAREIS, Herbert. *Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice*. Weinheim: Wiley-VCH, 2007.

SCHULZ, Brun. *Lojas de canela.* Tradução: Henryk Siewierski. Rio de Janeiro: Imago, 1996.

SCHWARZBACH, Martin. *Alfred Wegener: The Father of Continental Drift*. Madison, WI: Science Tech Publishers, 1986.

SEGALL, Marshall H.; CAMPBELL, Donald T. e HERSKOVITS, Melville J. *The Influence of Culture on Visual Perception*. Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1966.

SEIFE, Charles. *Zero: The Biography of a Dangerous Idea*. Nova York: Viking, 2000.

"SENATE Study of Energy from Space". *Science News*, v. 109, n. 5, p. 73, 1976.

SHAH, Kamal et al. "Maji: A New Tool to Prevent Overhydration of Children Receiving Intravenous Fluid Therapy in Low-Resource Settings". *American Journal of Tropical Medical Hygiene*, v. 92, n. 5, 2015.

SHAPIN, Steven; SCHAFFER, Simon e HOBBES, Thomas. *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life: Including a Translation of Thomas Hobbes, Dialogus Physicus De Natura Aeris by Simon Schaffer*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1985.

SHEN, Helen. "See-through Brains Clarify Connections". *Nature*, v. 496, n. 7444, p. 151, 2013. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23579658. Acesso em: 7 nov. 2019.

SHUMAN, F. "American Inventor Uses Egypt's Sun for Power". *The New York Times*, 2 jul. 1916.

SILVERMAN, Debora. *Van Gogh and Gauguin: The Search for Sacred Art*. Nova York: Farrar, Straus and Giroux, 2000.

SIMONTON, Dean Keith. "Creative Productivity: A Predictive and Explanatory Model of Career Trajectories and Landmarks". *Psychological Review*, v. 104, n. 1, p. 66-89, 1997. Disponível em: https://philpapers.org/rec/SIMCPA-2. Acesso em: 7 nov. 2019.

SINGH, Simon. *O último teorema de Fermat: a história do enigma que confundiu as maiores mentes do mundo durante 358 anos*. Tradução: Jorge Luiz Calife. 1 ed. Rio de Janeiro: Edições BestBolso, 2014.

SINGLETON, Jane. "The Explanatory Power of Chomsky's Transformational Generative Grammar". *Mind*, v. 83, n. 331, p. 429-31, 1974. Disponível em: www.jstor.org/stable/2252745. Acesso em: 14 nov. 2019.

SKORIK, P.J. *Grammatika ukotskogo Jazyka*, 2 vols. Leningrado: Akademia Nauk, 1961.

SMETS, G. *Aesthetic Judgment and Arousal*. Leuven: Leuven University Press, 1973.

SMITH, Roberta. "Artwork That Runs Like Clockwork". *The New York Times*, 21 jun. 2012. Disponível em: www.nytimes.com/2012/06/22/arts/design/the-clock-by-christian-marclay-comes-to-lincoln-center.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

SMITH, Tony. “Fifteen Years Ago: The First Mass-Produced GSM Phone”. *Register*, 9 nov. 2007. Disponível em: www.theregister.co.uk/2007/11/09/ft_nokia_1011/. Acesso em: 7 nov. 2019.

SNELSON, Robert. “X Prize Losers: Still in the Race, Not Doing Anything, or Too SeXy for The X Cup?”, *The Space Review*, 26 set. 2005.

SOBEL, Dava. *Longitude: a verdadeira história de um gênio solitário que resolveu o maior problema científico do século XVIII*. Tradução: Bazán Tecnologia e Linguística. São Paulo: Companhia de Bolso, 2008.

SOBLE, Jonathan. “Kenji Ekuan, 85; Gave Soy Sauce Its Graceful Curves”. *The New York Times*, 10 fev. 2015.

SOLING, Cevin. “Can Any School Foster Pure Creativity?”. *Mind Shift*, 18 mar. 2014. Disponível em: http://blogs.kqed.org/mindshift//2014/03/can-creativity-truly-be-fostered-in-classrooms-of-today/. Acesso em: 7 nov. 2019.

SOLOMON, Maynard. *Beethoven: vida e obra*. Tradução: Alvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1987.

SOLOMON, Maynard. *Late Beethoven: Music, Thought, Imagination*. Berkeley: University of California Press, 2003.

“SOLYNDRA Scandal: Full Coverage of Failed Solar Startup”. *Washington Post*. Disponível em: www.washingtonpost.com/politics/specialreports/solyndra-scandal/. Acesso em: 7 nov. 2019.

SPARTOS, Carla. “Ordering at Eleven Madison Park Has Become the Controversial Talk of the Town”. *The New York Post*, 17 out. 2010. Disponível em: https://nypost.com/2010/10/17/ordering-at-eleven-madison-park-has-become-the-controversial-talk-of-the-town/. Acesso em: 7 nov. 2019.

SPIEGEL, Garrett J. et al. “Design, Evaluation, and Dissemination of a Plastic Syringe Clip to Improve Dosing Accuracy of Liquid Medications”. *Annals of Biomedical Engineering*, v. 41, n. 9, p. 1860-8, 2013. Disponível em: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23471817. Acesso em: 14 nov. 2019.

STAMP, Jimmy. “Fact of Fiction? The Legend of the QWERTY Keyboard”. *Smithsonian*, 3 maio 2013. Disponível em:

www.smithsonianmag.com/arts-culture/fact-of-fiction-the-legend-of-theqwerty-keyboard-49863249. Acesso em: 7 nov. 2019.

STANLEY, Matthew. "An Expedition to Heal the Wounds of War". *Isis*, v. 94, n. 1, p. 57-89, 2003.

STEINITZ, Richard. *György Ligeti: Music of the Imagination*. Boston: Northeastern University Press, 2003.

STEVENS, Jeffrey R.; ROSATI, Alexandra G.; HEILBRONNER, Sarah R. e MUHLHOFF, Nelly. "Waiting for Grapes: Expectancy and Delayed Gratification in Bonobos". *International Journal of Comparative Psychology*, v. 24, p. 99-111, 2011.

STROM, Stephanie. "TV Dinners in a Netflix World". *The New York Times*, 5 nov. 2015.

STROSS, Randall E. *Thomas Edison: o feiticeiro de Menlo Park*. Tradução: Cinthia Alencar. 1 ed. São Paulo: Novo Século, 2013.

"STUDY: A Rich Club in the Human Brain". *IU News Room*, 31 out. 2011. Disponível em: http://newsinfo.iu.edu/news-archive/20145.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

SVOBODA, Elizabeth. "Innovators Under 35: Michelle Khine, 32". *MIT Technology Review*. Disponível em: www2.technologyreview.com/tr35/profile.aspx?TRID=764. Acesso em: 7 nov. 2019.

TATE, Nahum. *The History of King Lear*. Londres: Richard Wellington, 1712.

"TEACHING Kids to Tinker so They Can Design Tomorrow's Machines". *Stanford News Service*, 30 jun. 1992. Disponível em: https://news.stanford.edu/pr/92/920630Arc2145.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

THAUT, Michael. "The Musical Brain – An Artful Biological Necessity". *Karger Gazette*, v. 70, p. 2-4, 2009.

"The Buxton Collection". *Microsoft Corporation*. Disponível em: www.microsoft.com/buxtoncollection. Acesso em: 7 nov. 2019.

THURBER, James. "The Secret Life of Walter Mitty". *The New Yorker*, 18 mar. 1939.

TORRANCE, E. Paul. *Discovery and Nurturance of Giftedness in the Culturally Different*. Reston, VA: Council for Exceptional Children, 1977.

TORRANCE, E. Paul. *Rewarding Creative Behavior; Experiments in Classroom Creativity*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1965.

TORRANCE, E. Paul. "Are the Torrance Tests of Creative Thinking Biased Against or in Favor of 'Disadvantaged' Groups?". *Gifted Child Quarterly*, v. 15, n. 2, p. 75-80, 1971.

TRAINOR, Laurel J. e HEINMILLER, Becky M. "The development of evaluative responses to music: Infants prefer to listen to consonance over dissonance", *Infant Behavior and Development*, v. 21, n. 1, p. 77-88, 1998.

TURNER, Mark. *The Origins of Ideas: Blending, Creativity, and the Human Spark*. Nova York: Oxford University Press, 2014.

UMBERGER, Emily. "Velazquez and Naturalism II: Interpreting *Las Meninas"*. *Anthropology and Aesthetics*, v. 28, p. 94-117, 1995.

UNDERWOOD, Emily. "Tissue Imaging Method Makes Everything Clear". *Science*, v. 340, n. 6129, p. 131-2, 2013.

VAN DER VEEN, Wouter e RUGER, Axel. *Van Gogh in Auvers*. Nova York: Monacelli Press, 2010.

VANGELOVA, Luba. "Harnessing Children's Natural Ways of Learning". *Mind Shift*, 23 out. 2013. Disponível em: http://blogs.kqed.org/mindshift/2013/10/harnessing-childrens-natural-ways-of-learning. Acesso em: 7 nov. 2019.

VARTANIAN, Oshin; BRISTOL, Adam S. e KAUFMAN, James C. (org.).*Neuroscience of Creativity*. Cambridge: MIT Press, 2013.

VAUGHN, Donald A. e EAGLEMAN, David M. "Spatial warping by oriented line detectors can counteract neural delays". *Frontiers in Psychology*, v. 4, p. 794, 2013.

VISSCHER, P. Kirk; SEELEY, Thomas e PASSIN, Kevin. "Group Decision Making in Honey Bee Swarms". *American Scientist*, v. 94, n. 3, p. 220, 2006.

VOLOKH, Eugene. "The Origin of the Word 'Guy'". *Washington Post*, 14 maio 2015. Disponível em: www.washingtonpost.com/news/volokh-conspiracy/wp/2015/05/14/the-origin-of-the-word-guy/. Acesso em: 7 nov. 2019.

WALDROP, M. Mitchel. *The Dream Machine: J.C.R. Licklider and the Revolution That Made Computing Personal*. Nova York: Viking, 2001.

WALKER, Mark; GROGER, Martin; SCHLUTER, Kirsten e MOSLER, Bernd. "A Bright Spark: Open Teaching of Science Using Faraday's Lectures on Candles". *Journal of Chemical Education*, v. 85, n. 1, p. 59, 2008.

WATTERSON, Bill. "Calvin and Hobbes". Tirinha. *Universal Press Syndicate*, 20 dez. 1989.

WEARING, Judy. *Edison's Concrete Piano: Flying Tanks, Six-Nippled Sheep, Walk-on-Water Shoes, and 12 Other Flops from Great Inventors*. Toronto: ECW Press, 2009.

WEBER, Bruce. "Tony Verna, Who Started Instant Replay and Remade Sports Television, Dies at 81". *The New York Times*, 21 jan. 2015.

WEBER, Robert J. e PERKINS, David N. *Inventive Minds: Creativity in Technology*. Nova York: Oxford University Press, 1992.

WELLS, Pete. "Restaurant Review: Eleven Madison Park in Midtown South". *The New York Times*, 17 mar. 2015. Disponível em: www.nytimes.com/2015/03/18/dining/restaurant-review-eleven-madison-park-in-midtown-south.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

WHITE, Lynn. "The Invention of the Parachute". *Technology and Culture*, v. 9, n. 3, p. 462, 1968. Disponível em: www.jstor.org/stable/3101655. Acesso em: 14 nov. 2019.

WILSON, Edward O. *O futuro da vida: Um estudo da biosfera para a proteção de todas as espécies, inclusive a humana*. 1 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

WILSON, Edward O. *Cartas a um jovem cientista*. Tradução: Rogério Galindo. 1 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

WILSON, Edward O. *O sentido da existência humana*. Tradução: Érico Assis. 1 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

WILSON, Edward O. *A conquista social da Terra*. Tradução: Ivo Korytovski. 1 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

WILSON, J. Tuko. "The Static or Mobile Earth". *Proceedings of the American Philosophical Society*, v. 112, n. 5, p. 309-320, 1968.

WITT, Stephen. *Como a música ficou grátis*. Tradução: Andrea Gottlieb de Castro Neves. 1 ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

WOLF, Gary. “Steve Jobs: The Next Insanely Great Thing.” *Wired*, 1 fev. 1996. Disponível em: http://archive.wired.com/wired/archive/4.02/jobs_pr.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

WOOD, Bayden R.; BAMBERY, Keith R.; DIXON, Matthew W.A.; TILLEY, Leann; NASSE, Michael J.; MATTSON, Eric e HIRSCHMUGL, Carol J. “Diagnosing Malaria Infected Cells at the Single Cell Level Using Focal Plane Array Fourier Transform Infrared Imaging Spectroscopy”. *Analyst*, v. 139, n. 19, p. 4769, 2014.

WRIGHT, Wilbur. “Some Aeronautical Experiments. Mr. Wilbur Wright. Dayton, Ohio”. Palestra, Dayton, Ohio. 18 set. 1901. *Inventor’s Gallery*. Disponível em: http://invention.psychology.msstate.edu/inventors/i/Wrights/library/Aeronautical.html. Acesso em: 14 nov. 2019.

WRIGHT, Wilbur e WRIGHT, Orville. *The Published Writings of Wilbur & Orville Wright*. JAKAB, Peter L. e YOUNG, Rick (orgs.). Washington, D.C.: Smithsonian Books, 2000.

WYLIE, Ian. “Failure is Glorious”. *Fast Company*, 30 set. 2001. Disponível em: www.fastcompany.com/43877/failure-glorious. Acesso em: 7 nov. 2019.

YAVETZ, Ido. *From Obscurity to Enigma: The Work of Oliver Heaviside*, 1872-1889. Basileia: Birkhauser Verlag, 1995.

YENIGUN, Sami. “In Video-Streaming Rat Race, Fast Is Never Fast Enough”. *NPR*, 10 jan. 2013. Disponível em: www.npr.org/2013/01/10/168974423/in-video-streaming-rat-race-fast-is-never-fast-enough. Acesso em: 7 nov. 2019.

YONG, Ed. “Violinists Can’t Tell the Difference Between Stradivarius Violins and New Ones”. *Discover*, 2 jan. 2012. Disponível em: http://blogs.discovermagazine.com/notrocketscience/2012/01/02/violinists-cant-tell-the-difference-between-stradivarius-violins-and-new-ones/#.Xc142NVKjIU. Acesso em: 7 nov. 2019.

YOUNG, Steve. “Talking to Machines”. *Ingenia*, n. 54, 2013. Disponível em: www.ingenia.org.uk/Ingenia/Articles/823. Acesso em: 7 nov. 2019.

ZHANG, Shumei e CALLAGHAN, Victor. “Using Science Fiction Prototyping as a Means to Motivate Learning of STEM Topics and Foreign

Languages". In: *2014 International Conference on Intelligent Environments*. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2014.

ZHU, Y.T.; VALDEZ, J.A.; SHI, N.; LOVATO, M.L.; STOUT, M.G.; ZHOU, S.J.; BUTT, D.P.; BLUMENTHAL, W.R. e LOWE, T.C. "An Innovative Composite Reinforced with Bone-Shaped Short Fibers". *Scripta Materiala*, v. 39, n. 9, p. 1321-5, 1998.

ZIMMER, Carl. "In the Human Brain, Size Really Isn't Everything". *The New York Times*, 26 dez. 2013. Disponível em: www.nytimes.com/2013/12/26/science/in-the-human-brain-size-really-isnt-everything.html. Acesso em: 7 nov. 2019.

SOBRE OS AUTORES

© David Levenson/Getty Images

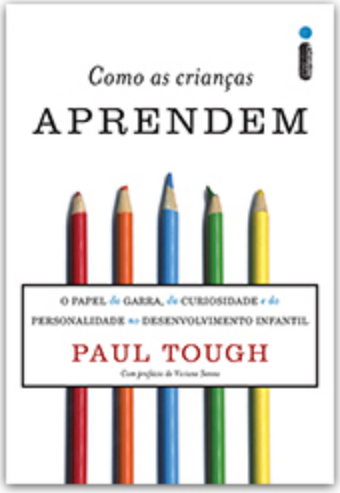
DAVID EAGLEMAN é neurocientista, professor da Universidade de Stanford, na Califórnia, e autor de vários best-sellers. Suas pesquisas já foram publicadas em revistas científicas como *Science* e *Nature*. É ainda roteirista e apresentador da série *The Brain with David Eagleman*, da PBS/BBC, e apresentador do documentário *Como o Cérebro Cria*, disponível na Netflix.

© Lynn Lane

ANTHONY BRANDT é um compositor renomado e professor de composição e teoria musical na Faculdade Shepherd de Música, da Universidade Rice, no Texas. Suas produções incluem óperas de câmara e obras para orquestras, grupos de câmara, espetáculos teatrais e de dança, além de produções para o cinema e a televisão. Também é diretor artístico do premiado grupo Musiqa.

LEIA TAMBÉM

Logo, Logo
Kelly e Zach Weinersmith



Como as crianças aprendem
Paul Tough

O novo poder
Henry Timms e Jeremy Heimans

Como mudar sua mente
Michael Pollan